

# الفصل الأول

## تاريخ الخرائط في العالم

ليست الخرائط وليدة هذا العصر بل هي قديمة قدم التاريخ نفسه ، بل قد ثبت أن بعض الشعوب البدائية تمكنت من رسم بعض الخرائط قبل أن تتوصل إلى معرفة الكتابة ، فقد كانوا يخطون على الرمال أو ينقشون على قطع من الجلد رسوماً مبسطة توضح ما غمض عليهم من المسالك .

وإذا كانت الخريطة تمثيلاً للطبيعة بمقياس رسم دقيق يعبر عن النسبة الثابتة بين الأبعاد الخطية الموجودة على الخريطة والأبعاد الأصلية المقابلة لها على الطبيعة فإن إمكان قياس المسافات ومعرفة الاتجاهات من الخريطة يعتبر من العناصر الأساسية فيها . وقد نجحت المحاولات الأولى لإنشاء الخرائط في العالم في الوصول إلى تحديد هذين العنصرين على الخريطة ، وإن كان هذا التحديد قد تم بصورة بدائية تتناسب مع تاريخ المحاولة نفسها . وكثيراً ما كان يتم تحديد المسافات على الخرائط تحديداً زمنياً كأن يقال إن مكاناً معيناً يبعد عن مكان آخر مسيرة ثلاثة أيام مثلاً . ومن هنا فقد انتشرت الخرائط القديمة انتشاراً واسعاً بين الشعوب التي كانت تقوم حياتها أساساً على الصيد والقتل ، ومن ثم كانت حاجتها إلى معرفة الاتجاهات وقياس المسافات من الخرائط حاجة ملحة ، ومن هنا كان اهتمامها المبكر بالخرائط .

### الخرائط البابلية :

واستخدامنا لكلمة الخرائط للتعبير عن مدلول تلك المحاولات القديمة قد يبدو غير دقيق ، إلا أن الأمر لا يبدو محاولة لتحديد نقطة البداية في تاريخ الخرائط . ذلك أن مولد الخرائط كعلم وفن لا يمكن تحديده بتاريخ معين ، فقد نشأ هذا الفن وتطور من أصول غامضة . وأقدم محاولة يذكرها التاريخ في هذا المجال هي تلك المحاولة التي قام بها البابليون . فقد تميزت حضارة البابليين منذ القدم . بالعناية بالفلك والرياضيات . وقد أنشئت خرائط البابليين أساساً لتقدير الضرائب وكان يتم نقشها على لوحات من الصلصال المحروق .

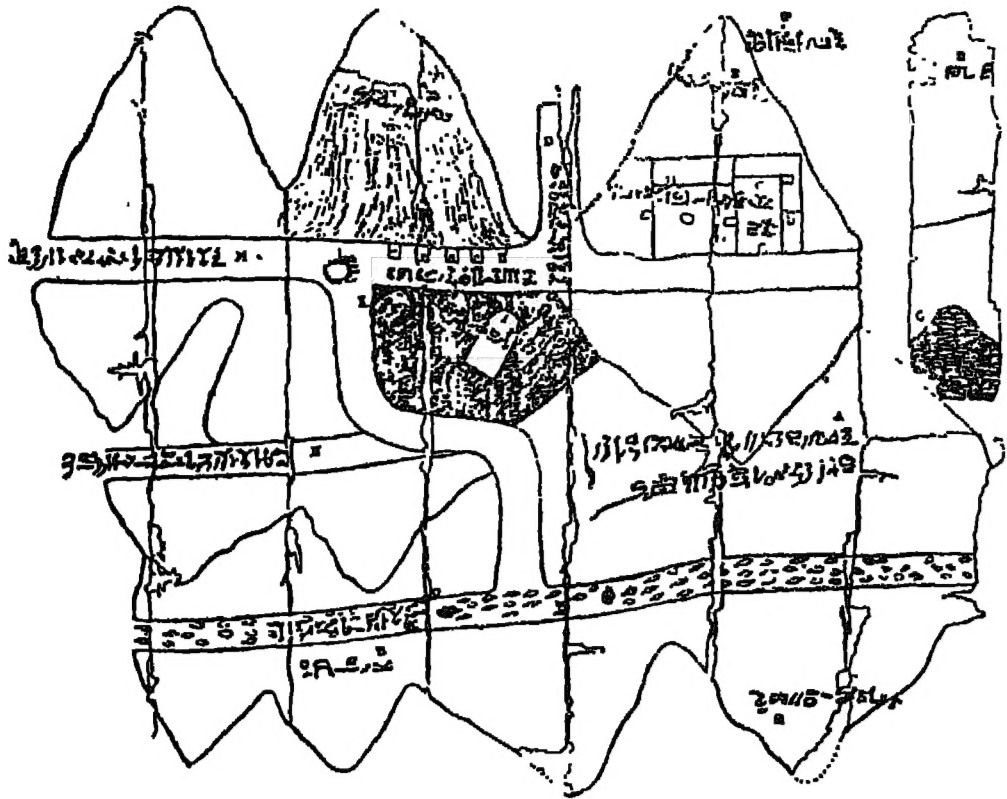
وقد تمت بعض الأعمال المساحية في عهد مرجون الأكدي بهدف التوصل إلى تقدير دقيق للضرائب ، ويمكن اعتبار تلك الدراسات تمهيداً لظهور الخرائط البابلية فيما بعد . وأقدم الخرائط البابلية هي الخريطة الموجودة في متحف الساميات بجامعة هارفارد الأمريكية والمعروفة باسم لوحة جاسور Ga Sur التي اكتشفت في مدينة جاسور إلى الشمال من بابل ، ويرجع تاريخ إنشائها إلى سنة ٢٥٠٠ ق . م . وهي عبارة عن لوحة صغيرة من الصلصال لا تزيد مساحتها على ٧ X ٩ سم ، مبين عليها وادي أحد الأنهار يتجه من الشمال إلى الجنوب تحيط به من الجانبين رموز تمثل مرتفعات ، ويصب النهر بواسطة ثلاث دالات في بحر أو بحيرة . كما نلاحظ أيضاً بعض الرموز التي تحدد لنا الاتجاهات الأصلية على الخريطة ، فنجد على الجانب الأيمن من اللوحة دائرة كاملة تمثل الشرق وعلى الجانب الأيسر نصف قرص يمثل الغرب . كما يوجد بالمتحف البريطاني عدة لوحات تمثل الأقاليم والمدن البابلية وقد صنعت هذه الخرائط بدقة أقل ، ومن ثم فإن قيمتها تاريخية أكثر منها فنية .

ولم تقتصر جهود البابليين على إنشاء الخرائط المحلية فحسب بل إنهم قاموا بإنشاء خريطة تبر عن فكرة الإنسان البابل عن العالم . وبفحص هذه الخريطة يتضح لنا أن العالم المعروف في نظرهم كان عبارة عن قرص مستدير يحيط به البحر من جميع الجهات ، وقد أطلقوا عليه اسم بحر المياه المرة Briny or Bitter Waters ، ويوجد خارج هذا القرص سبع جزر منتشرة حول قرص العالم المعروف ، وهذه الجزر تمثل مهابر إلى دائرة خارجية تحيط بهذا البحر أطلق عليها اسم المحيط السماوي Heavenly Ocean حيث يقيم كبار الآلهة . كما لم ينس صانعو الخريطة تحديد الاتجاهات الأصلية بواسطة عدة رموز تخرج من هذا المحيط السماوي تشير إلى الاتجاهات الأصلية الأربعة . وتعتبر محاولة تحديد الاتجاهات في الخرائط البابلية أقدم محاولة من نوعها عرفها العالم . ورغم ما قد يبدو على هذه المحاولات من سذاجة في التفكير والتصميم إلا أنها كانت ذات أثر ملموس على صناعات الخرائط فيما بعد .

### الخرائط المصرية :

وقد كان للمصريين دور ملحوظ في هذا المجال . وإذا كانت الخرائط البابلية قد اعتمدت في نشأتها على تصور السكان للأقليم أو على أفكار فلسفية ، فإن الخرائط المصرية القديمة كانت نتيجة عمليات مساحية دقيقة . فقد أجمع الباحثون على أن مصر قد عرفت المساحة التفصيلية الدقيقة منذ أقدم العصور ، وكان الدافع الأساسي إلى الاهتمام بها هو تقدير الضرائب

التي كانت تحتاج إليها الحكومة لتنظيم النفقات الباهظة التي كان يتطلبها نظام حكم الفراعنة. وكانت عمليات حصر الأراضي تتم سنوياً لأنه لم يكن لأحد من السكان حق في ملكية الأراضي، ومن ثم كانت الحكومة تلجأ إلى تأجير الأرض بعد كل فيضان بطريق المزاد، وتتم مساحتها بعد إتمام الزراعة لتنظيم جباية الضرائب . ورغم براعة المصريين في الرياضيات لم يتركوا لنا إلا القليل من الخرائط المنقوشة على أوراق البردي ، مما يدعو البعض إلى القول بأن جهود المصريين في الخرائط لا تمثل نقطة هامة في تاريخها .



(شكل ١) خريطة للنجم مصري تدمر ترجع إلى سنة ١٣٢٠ قبل الميلاد

وقد وجدت عدة لوحات مصرية ترجع إلى عهد رمسيس الثاني سنة ١٣٠٠ ق م . تبين مواقع الأعمدة التي تحدد الأحواض والأقسام الإدارية وحدود الأراضي الزراعية . وأقدم خريطة مصرية هي الخريطة الموجودة في متحف تورينو والتي يعود تاريخ إنشائها إلى سنة ١٣٢٠ ق م . وهي مرسومة على ورقة بردى وتوضح أحد مناجم الذهب المصرية في النوبة ، وإن كان موضع هذا المنجم غير معروف بالضبط . وقد ظهر فيها أهم معالم المنطقة

من مبان وطرق وأنهار وجبال . وقد كان كثير من المشتغلين بالدراسات المصرية القديمة يعتقدون أن هذه الخريطة هي أقدم خريطة عرفها العالم ، ولكن اكتشاف الخرائط البابلية أثبت خطأ هذا الاعتقاد . كما وجدت ورقة بردى أخرى محفوظة في نفس المتحف تبين الطريق الذي سلكه سيتي الأول في أثناء هودته منتصراً من حملته على سورية ، وذلك فيما بين بلوز ( الفرما ) وهليو بوليس ، كما توضح الخريطة القناة التي كانت تربط النيل ببحيرة التمساح .

### الخرائط الصينية :

ولم تقتصر جهود الإنسان في مجال الخرائط على الحضارات القديمة في الشرق الأدنى فحسب بل كان لتلك الحضارة الزراعية القديمة التي قامت في الشرق الأقصى ؛ في الصين ، دور مرموق في تاريخ الخرائط . وإذا كان الامتزاج والتفاعل ونبادل الخبرات من سمات حضارات الشرق الأدنى القديمة فإن الحضارة الصينية نشأت وتطورت بصورة مستقلة عن مثيلاتها في بقية أنحاء العالم . وقد انعكس هذا على كل مظاهر الحياة الصينية . ولذلك فقد تميزت الخرائط الصينية بنشأتها المستقلة ومن هنا فقد كان حتمياً أن يكون تطورها بطيئاً حيث لم تتمتع الفرصة أمام الصينيين للاستفادة من تقدم الخرائط عند غيرهم من شعوب الأرض . ولهذا السبب فإننا نجد أن الخرائط الصينية تبلغ أوجها إبان العصور الوسطى حيناً انحدرت الخرائط الأوربية إلى الحضيض . وقد توقفت الخرائط الصينية عند الحد الذي بلغته خلال العصور الوسطى ، ومن ثم تزايد الفارق بينها وبين الخرائط العالمية فبدت في تلك الصورة المتخلفة .

وقد كان الدافع الأساسي إلى الاهتمام المبكر بالخرائط في الصين شبيهاً لمثيله في مصر . فإن حضارة الصين الزراعية ترجع إلى عهد بعيد وكان من واجب حكام المقاطعات الصينية القيام بعمليات قياس الأراضي الزراعية وتقدير مصادر المياه ومدى وفرتها وسهولة الحصول عليها حتى يمكن تقدير الضرائب عليها تقديراً دقيقاً .

وأقدم الخرائط الصينية المعروفة هي تلك الخريطة التي وردت تفاصيلها في كتابات المؤرخ الصيني الكبير سو ما شين Su Ma Chien والتي يرجع تاريخ إنشائها إلى سنة ٢٢٧ ق . م . ولكن أروع الخرائط الصينية القديمة هي تلك الخريطة التي وضعها الرائد الحقيقي للكارتوجرافيا الصينية بي هسيو Pei Hsiu . وقد وضع بي هسيو أسس الكارتوجرافيا الصينية في النواحي الآتية التي اعتبرت بحق إضافات قيمة في علم الخرائط :



١ - قسم الخريطة إلى شبكة من الخطوط الأفقية والرأسية Rectilinear Divisions  
لا لتبين خطوط الطول والعرض وإنما لتسهيل تحديد مواقع البلاد ، وقد سبق الغرب في وضع  
هذا النظام .

٢ - توصل إلى توجيه الخرائط Orientation .

٣ - حدد الأبعاد بين مختلف الأماكن Mileage .

٤ - حدد على الخريطة مدى ارتفاع وانخفاض الأراضي بعضها عن بعض Altitudes .

٥ - بين تغير اتجاهات الطرق وانحناءاتها من منطقة إلى أخرى .

وتتكون خريطة بي هسيو من ثمانية عشر قسمًا ، وقد حفظها امبراطور الصين في  
مكان أمين نظراً لإعجابه بها ، ورغم هذه الحيلة فلم تصلنا أصول هذه الخريطة التي كانت توضح  
بأجزائها الثمانية عشر كل إمبراطورية الصين في ذلك الوقت بالإضافة إلى المناطق المجاورة لها .

وبعد بي هسيو اتسع مدى ما تعرضت له الخرائط الصينية حتى شمل المناطق الواقعة بين  
إيران غرباً واليابان شرقاً . ويمكن أن نذكر على سبيل المثال هسيه شوانج Hsieh Chuang  
( ٤٢١ - ٤٦٦ ) الذي قام بإنشاء خريطة حنيية مساحتها عشرة أقدام مربعة تمثل أقاليم  
الصين جميعاً .

ولكن أشهر الكارتوجرافيين الصينيين في الفترة المتأخرة كان تشياتان Chia-Tan  
( ٧٣٠ - ٨٠٥ ) الذي قام بعمل خريطة مساحتها ٣٠ قدماً مربعاً تمثل معظم القارة  
الآسيوية . ونلاحظ من هذه الخريطة أن فكره الصينيين عن الأقاليم غير الصينية كانت  
فكرة غامضة .

وقد اتسع نطاق الخرائط الصينية وزادت عمليات إنشائها . وعندما دخل أعضاء جماعة  
الحزويت التبشيرية إلى الصين في القرن السادس عشر وجدوا مادة خصبة من الخرائط  
مكتهم من إنشاء أطلس رائع للإمبراطورية الصينية . ومنذ ذلك التاريخ بدأت الخرائط  
الصينية تتأثر بالغرب . ولكن رغم هذا مازالت بعض الخرائط الحديثة لبعض مناطق  
الصين النائية تعتمد على مادة موروثه من اليهود السابقة أكثر من اعتمادها على عمليات  
مساحية حديثة .

### الخرائط القديمة في أمريكا :

لم تقتصر جهود الإنسان في العصور القديمة على تلك المحاولات التي ذكرناها والتي نشأت في الشرق بل وجدت خرائط لا بأس بدقتها لبلاد المكسيك تبين بعض مناطق إمبراطورية الأزتك ، وكذلك لبيرو لتبين بعض قرى إمبراطورية الإنكا . بل لقد رسمت بعض هذه الخرائط بطريقة مجسمة ، إلا أن الغزو الإسباني لتلك المناطق وقضاء الإسبان على تلك الحضارات القديمة أوقف كل تقدم في فن الخرائط وقضى على احتمال ظهور خرائط فنية دقيقة في ذلك الوقت المبكر .

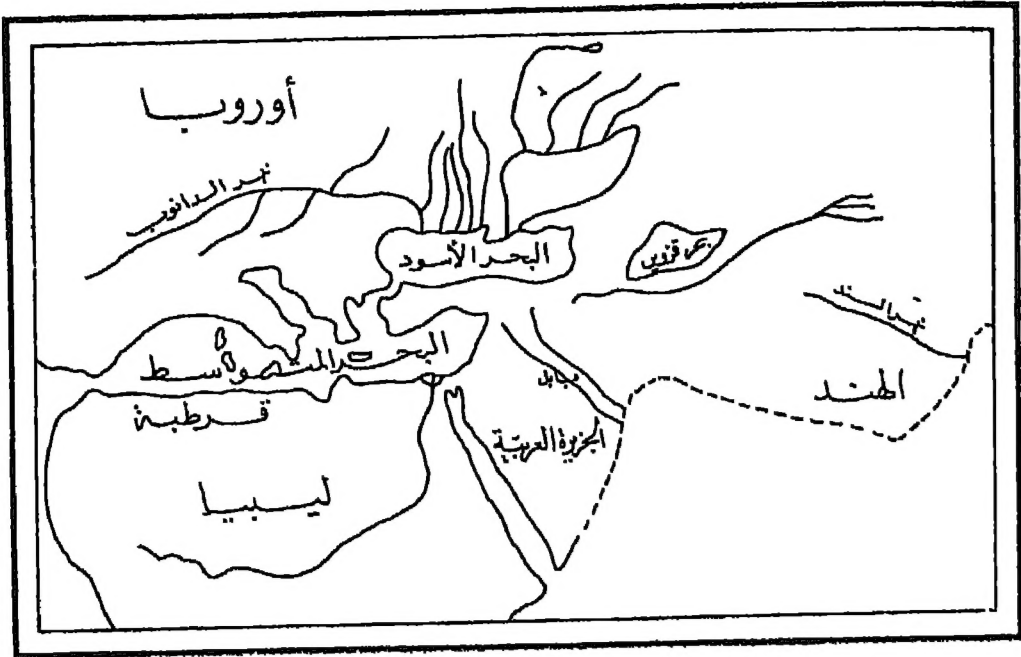
تلك هي قصة الجهود القديمة في ميدان الخرائط عرضنا لها لمحاولة تحديد نقطة البداية في تاريخ الخرائط . والواقع أنه لا يمكن تحديد تاريخ معين بصفة حاسمة انطاعت فيه جهود الإنسان في ميدان الخرائط ، لأن الأمر لم يكن يبدو محاولات هنا وهناك تمكس حاجة الإنسان الملحة في مختلف البيئات الطبيعية إلى هذا الفرع من فروع المعرفة الإنسانية . ولكن ظهور الخرائط كعلم له أسسه الواضحة ومنهجه العلمى المدروس لم يتم إلا على يد الإغريق .

### الخرائط الإغريقية :

استفاد الإغريق في تأسيسهم لعلم الخرائط بما بلغه سكان مصر وبابل من تقدم في الفلك والرياضيات ، بل إن كثيراً من الأسماء اللامعة في تاريخ الخرائط الإغريقية ارتبطت بوادى النيل ارتباطاً وثيقاً مثل هيرودوت واسترابو وبطلميوس .

وتمثل الخرائط الإغريقية نقطة البداية الحقيقية في تاريخ هذا العلم . وقد تميزت الخرائط الإغريقية بأمانة علمية لم تتوافر إلا في خرائط القرنين التاسع عشر والعشرين ، فقد كانوا يتركون المناطق التي لم تصلهم عنها معلومات كافية ييضاء بينما سنجد أن الخرائط الأوربية في العصور الوسطى كانت مائية بالزخارف والرسوم التي لا تمت إلى الحقيقة بصلة .

وقد ذكر لنا المؤرخون بعض أسماء الجغرافيين الإغريق مثل أنكسمندر Anaximander ( ٦١١ - ٥٤٧ ق.م . ) الذى صنع خريطة للعالم وهيكتايوس Hecataeus ( حوالى ٥٠٠ ق.م . ) الذى عدل خريطة أنكسمندر وألحق بها وصفاً للعالم المعروف أمكن منه إنشاء خريطة للعالم .



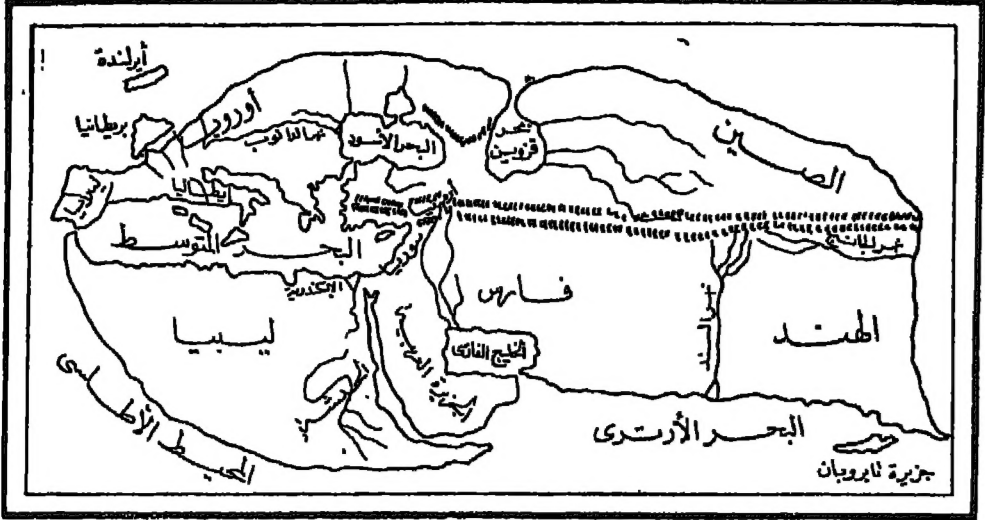
### خريطة هيروdot

( شكل ٢ )

وفي بداية القرن الرابع قبل الميلاد بدأت فكرة الإغريق عن شكل الأرض تتطور تبعاً لتطور المعلومات عن امتدادها . كما ظهرت في بداية هذا القرن فكرة جديدة هي شكل الأرض الكروي . وكان منشأ هذه الفكرة في أول الأمر كتنظيرة فلسفية تفتقر إلى الأرصاد الفلكية على أساس أن الكرة هي أكل الأشكال الهندسية تناسقاً من حيث بعد أطرافها عن المركز ، وبما أن الأرض هي أجمل مخلوقات الآلهة فلا بد أن تكون على شكل كرة . وقد اقتنع كراتس Crates فيما بعد ( توفي سنة ١٤٥ ق. م. ) بهذه الفكرة الفلسفية وقام بإنشاء كرة أرضية globe يتعامد على سطحها محيطان : محيط استوائى وآخر يمتد من الشمال إلى الجنوب ويقسمان الأرض إلى أربع كتل بإسبة تحفظ توازن الكرة . وهكذا تنبأ كراتس باكتشاف الأمريكتين وأستراليا . وقد ظلت هذه الكرة مجرد خيال يداعب أحلام الفلاسفة إلى أن أمكن تحقيقها بالأرصاد الفلكية حوالى سنة ٣٥٠ ق. م. فثبتت كرويتها ودورانها حول محورها ومدى ميل هذا المحور كما قدرت أبعادها بدقة كبيرة فيما بعد.

هكذا بدأ الإغريق يستفيدون من معرفتهم لفكرة خطوط الطول والعرض في إنشاء خرائط لمناطق صغيرة لأغراض الحياة العملية وهذا ما أطلق عليه علماءهم اسم السكوروبجرافيا

Chorography وبمدها بدأ الإغريق يتقدمون نحو ما أطلقوا عليه اسم الجغرافيا.. Geography وكانوا يقصدون بهذه التسمية توقيع العالم على خرائط وفقاً لمناهج علمية مدروسة وهو ما نسميه الآن بالكارتوجرافيا Cartography.



خريطة استرابو  
( شكل ٣ )

وتوات بعد ذلك إضافات الإغريق إلى علم الخرائط فظهرت أسماء مثل هيرودوت الذي قام بتعديل خريطة هيكتايوس وأنشأ خريطة للعالم متضمنة الكثير من المعالم التي جمعها بنفسه أو مما وصل إليه من كتابات السابقين . وكذلك إراتوستين ثم بوزيدونيوس Posidonius ومارينوس وهيباركس Hipparchus الذي حاول تعديل خريطة إراتوستين وتوصل إلى أرصاد فلكية دقيقة ولكنه رغم ذلك لم يوفق في رسم خريطة للعالم إذ لم يوفق إلى المسقط المناسب. ولكن الفضل الأكبر في تلك الشهرة التي نالها الخرائط الإغريقية يرجع إلى إراتوستين وبطلميوس .

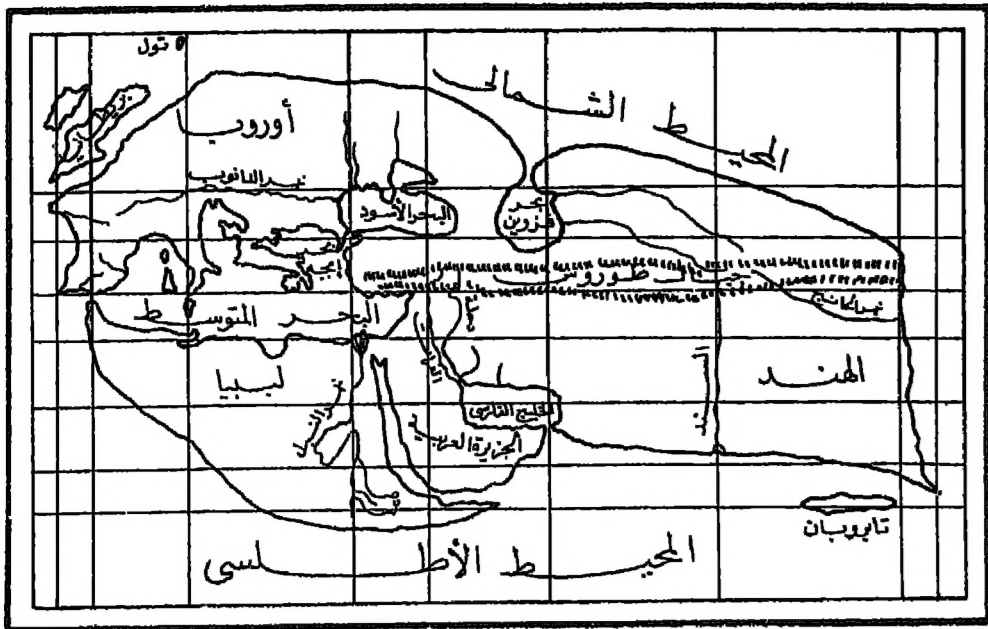
فقد تمكن إراتوستين Eratosthenes ( ٢٧٦ — ١٩٦ ق.م. ) الذي كان أميناً لمكتبة الإسكندرية من تقدير محيط الكرة الأرضية وذلك بالاستعانة بمقاييس قدماء المصريين وبما لاحظته من اختلاف ميل أشعة الشمس عن سمت الراصد فيما بين الإسكندرية وأسوان على اعتقاد منه أنهما تقعان على خط طول واحد . فقد قدر هذه الزاوية ثم قدر قوسها ومن ثم

وصل إلى تقدير محيط الكرة الأرضية بحوالى ٢٥٢.٠٠٠ استديا <sup>(١)</sup>  $\text{Stadia}$  أى ٢٤٦٦٢ ميلاً . وتبعاً لهذا التقدير يكون طول الدرجة ٦٨٥ ميل . ولو تقبل العلماء بعد إراتوستين تقديراته لأبعاد الأرض لكان لهذا أبلغ الأثر فى تطور الخرائط الإغريقية . وفى نفس الوقت لوتسنى لكريستوف كولبس معرفة تقديرات إراتوستين لمحيط الكرة الأرضية لتخاذه من القيام برحلاته الشهيرة . وقد كانت تقديرات إراتوستين لمحيط الأرض أقرب التقديرات القديمة إلى الحقيقة فلم يتجاوز الخطأ الذى وقع فيه ١٤ ٪ من طول محيط الأرض .

وقد قام إراتوستين بإنشاء خريطة للعالم المعروف فى ذلك الوقت وكانت على شكل متوازى أضلاع يبلغ طول المنطقة التى يوضحها من الشرق إلى الغرب حوالى ٧٥٨٠٠ استديا ومن الشمال إلى الجنوب ٤٦٠٠ استديا . ويتضح لنا من خريطته أنه كان يجهل تقسيم العالم إلى أوربا وآسيا وليبيا . فقد استبدل به تقسيم العالم إلى قسمين : أحدهما شمالي والآخر جنوبى ويفصل بينهما خط عرض رودس . ثم قام بتقسيم كل منها إلى أقسام فرعية وإن كان أساس هذا التقسيم الفرعى ما زال غامضاً . ورغم دقة تقديرات إراتوستين لشكل الأرض فلم تخل خريطته من عدة أخطاء يمكن أن نوجزها فيما يلى :

- ١ — جبل أسوان تقع على مدار السرطان مع أنها تقع على خط عرض  $٣٠^{\circ} ٢٤'$  أى إلى الشمال من هذا الموقع بحوالى ٣٧ ميلاً .
- ٢ — قدر المسافة المباشرة بين الإسكندرية وأسوان بخمسمائة ميل رغم أنها لا تتجاوز ٣٥٤ ميلاً .
- ٣ — وضع مدينتى الإسكندرية وأسوان على خط طول واحد مع أن الأولى تقع غرب أسوان بـ  $٣^{\circ} ٠٣'$  .
- ٤ — قدر إراتوستين الفرق بين مدينتى أسوان والإسكندرية بـ  $١٢^{\circ} ٧'$  رغم أن هذا الفرق لا يتعدى  $٥^{\circ} ٧'$  ، مما سبب خطأ آخر فى النتيجة النهائية .
- ٥ — كان من الممكن ألا تبلغ نسبة الخطأ فى تقديراته ١٤ ٪ لو كانت الأرض على شكل كرة كاملة التكور .

(١) الإستديا وحدة قياس يونانية قديمة يبلغ طولها ستمائة قدم لإغريقى والميل يبلغ حوالى عشرين استديا .

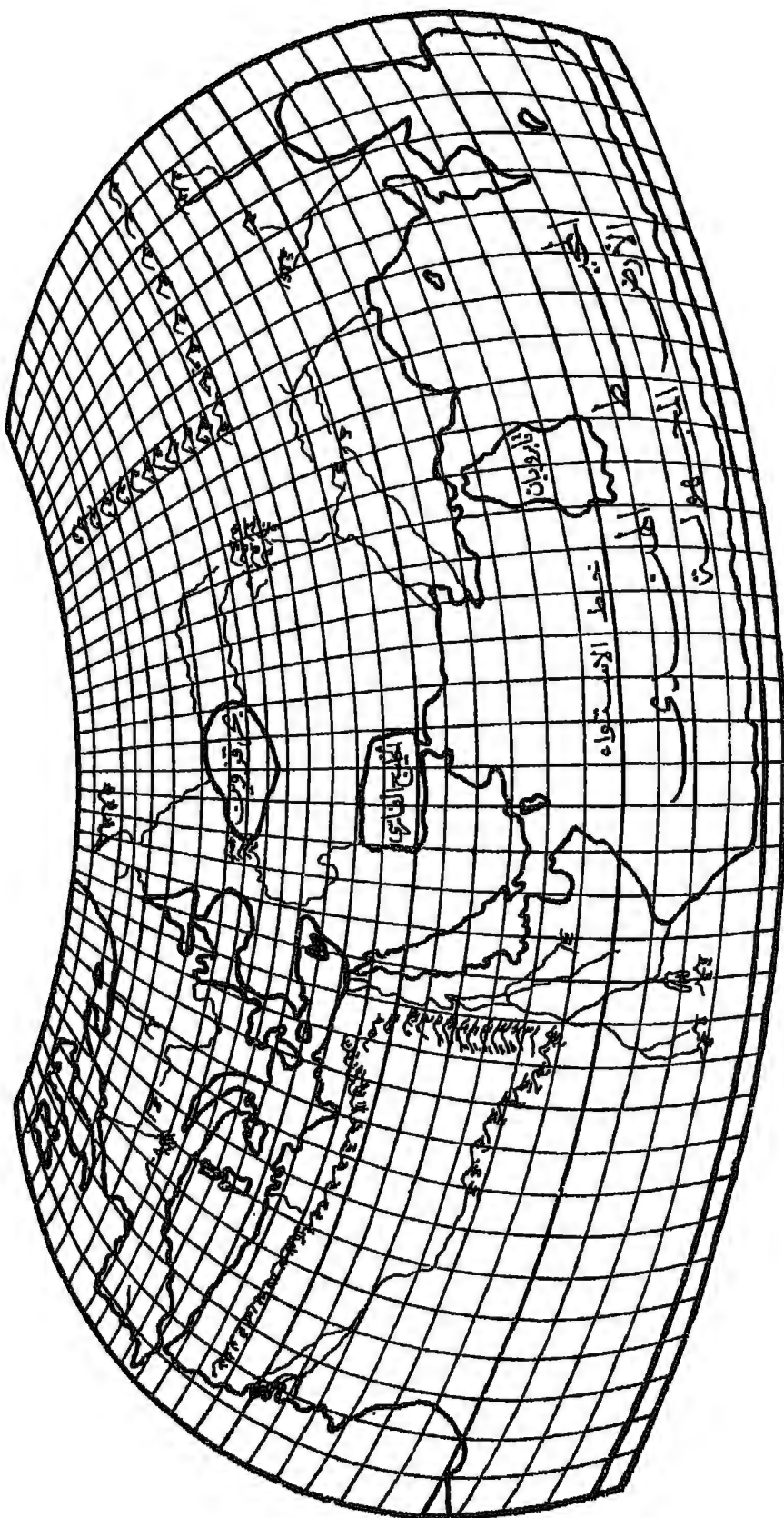


خريطة إيراكوستين

(شکل ۴)

وتوات بعد ذلك المحاولات لتقدير محيط الأرض عن طريق قياس درجات الطول والعرض لكثير من المواقع ولكن التوفيق جانب معظم هذه المحاولات التي كان من أشهرها المحاولة التي قام بها بوزيدونيوس Posidonius لتقدير أبعاد الأرض . ولا ترجع شهرة تقديراته إلى دقتها ، فقد كانت أقل دقة من تقديرات إيراتوستين ، بقدر ما ترجع إلى الخطأ الذي وقع فيه ونقله عنه بطليموس وتوارثته الأجيال التالية له وظل شائعاً حتى القرن الخامس عشر الميلادي . فقد قدر بوزيدونيوس الفرق بين رودس والألكسندرية بـ ١٥° ٥٠' بدلا من ٣٠° ٧' ، كما أنه قدر طول الدرجة بخمسمائة أستديا بالرغم من أن إيراتوستين قدرها بسبعمائة أستديا . وكان من نتيجة هذا الخطأ أن بلغ تقديره لمحيط الكرة الأرضية ١٨٠٠٠ ميل فقط .

وإذا كان تاريخ الخرائط الإغريقية مليئاً بالأسماء اللامعة فإن هذه الخرائط قد ارتبطت باسم عالم إغريق الأصل مصرى المولد هو كلاديوس بطليموس السكندرى Cladius Ptolemy the Alexandrian ( ٩٠ — ١٦٨ م . ) الذى يمد أشهر علماء الخرائط الإغريق ، بل يعتبر بحق واضع أسس الكارتوجرافيا العامة .



# خريطة بطليموس

(شكل ٥)

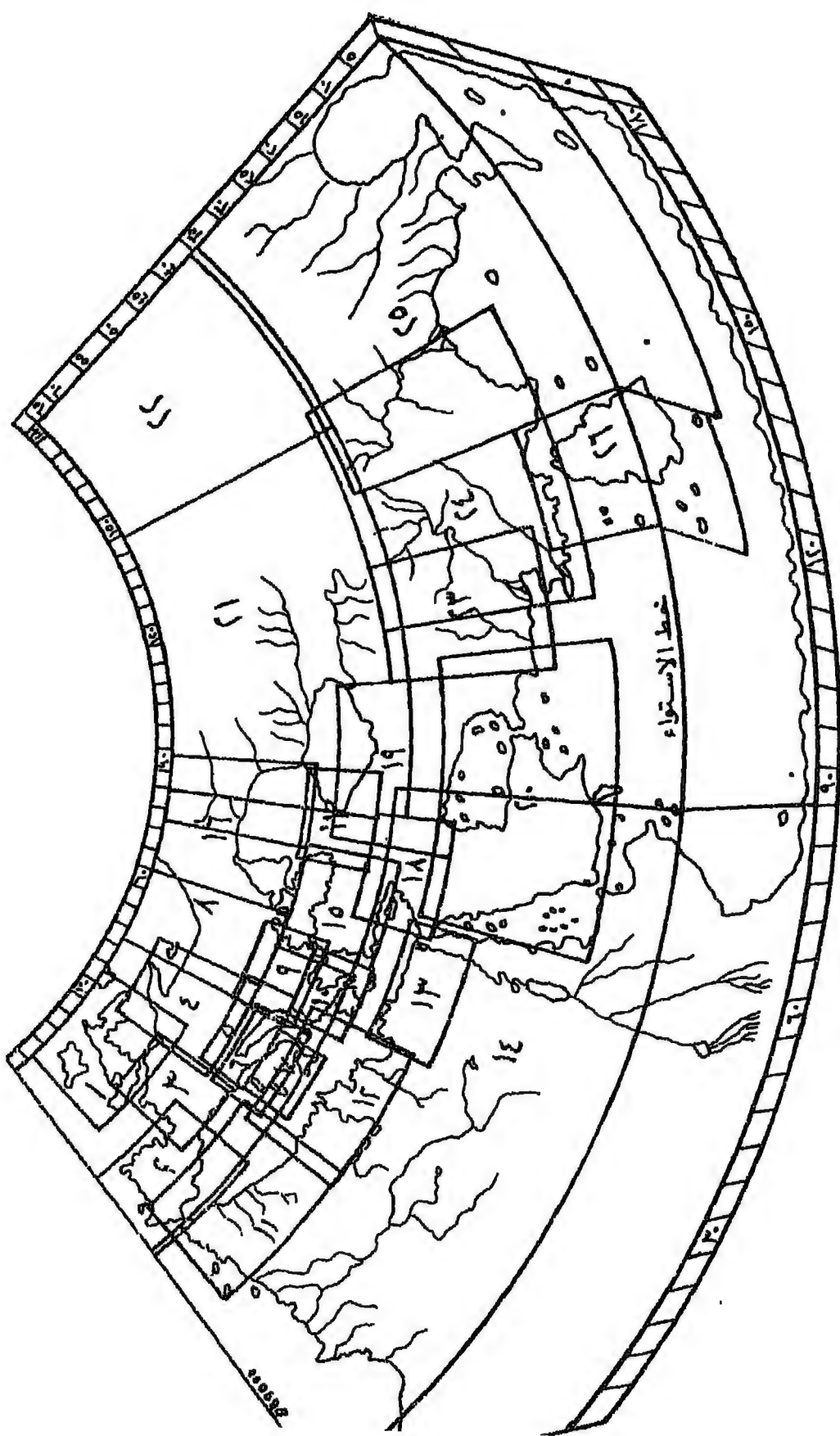
وقد جمع بطليموس نظرياته العلمية في كتابين هما : المجسط والجغرافية. وقد كان الإغريق يدرجون العلوم كلها تحت إسم الفلسفة ، ولكن بطليموس شرح في « المجسطى » كل نظرياته الفلكية واقتصر في « الجغرافية » على الخرائط . وظلت النظريات الفلكية مدينة مدة أربعة عشر قرناً لجهود بطليموس في المجسطى حتى حلت نظريات نيوتن محلها ، كما أن كتابه « الجغرافية » ساد العالم المسيحي والإسلامي مدة خمسة عشر قرناً .

ويعتبر كتاب « الجغرافية » أطلساً عاماً للعالم . وقد وضع الكتاب في ثمانية أجزاء ، أحتوى الجزء الأول منها على مقدمة عن الخرائط وواجبات صناع الخرائط وطبيعة الآلات التي يستخدمونها ، كما ناقش فيه بطليموس الأسس النظرية لتشكل الأرض وأبعادها وعنى فيه بدراسة المساقط . واحتوت الأجزاء الستة التالية على كشف بأسماء ثمانية آلاف موقع مع تقدير خطوط الطول والعرض لكل منها . أما الجزء الثامن والأخير — وهو أهمها جميعاً — فقد اشتمل على دراسة لطرق رسم الخرائط والجغرافية الرياضية ومساقط الخرائط وطرق عمل الأرصاد الفلكية وقد وصف فيه مسقطين معدلين عن المساقط المخروطية . وقد تضمن كتابه خريطة للعالم إلى جانب ٢٦ لوحة تفصيلية لأجزاء العالم المختلفة كان نصيب أوروبا منها عشر لوحات وإفريقية أربع لوحات وبقية اللوحات خاصة بآسيا .

ويمكن تقسيم خرائط بطليموس إلى مجموعتين رئيسيتين : تتكون الأولى من خريطة للعالم يضاف إليها ٢٦ خريطة إقليمية وهي التي وردت في كتاب « الجغرافية » ، أما المجموعة الثانية فتتكون من ٦٧ خريطة رسمت لمناطق صغيرة المساحة . وقد اعتمد في خريطته للعالم على خريطة مارينوس Marinus بعد أن صحح أخطاءها تبعاً لما جمعه من معلومات جديدة وما أبتدعه من مساقط . وقد قسم بطليموس خريطته تبعاً لطول الليل والنهار إبتداء من خط الاستواء ( ١٢ ساعة ) إلى الدائرة القطبية ( ٢٤ ساعة ) . وقد امتد العالم المعروف في خريطته لمسافة ١٨٠ درجة من كناريا ( صفر درجة ) غرباً إلى الصين شرقاً كما وجهت الخريطة نحو الشمال مع توضيح لخط الاستواء والدارين على اعتبار أن خط عرض المدار هو ٥١° ٢٣° .

وعلى الرغم مما جمعه بطليموس من معلومات وما أبتدعه من مساقط ، فقد حوت خريطته بعض الأخطاء التي ظلت مستخدمة فيما ظهر بعده من خرائط . فمن أخطائه الرئيسية تقديره لطول الدرجة بـ ٥٦.٥ ميل بخلاف تقديرات إراتوستين الدقيقة ، وعندما قام بطليموس بتحويل هذه الأطوال إلى درجات ظهر محيط الأرض أقل من نقيضه بينما بلغ امتداد





خريطة بطليموس الإقليدسية (٢٦ لوحة)  
(شكلاً ٦)

العالم المعروف أكثر من حقيقته ومن ثم كانت معظم التفاصيل التي احتوتها الخريطة مخالفة للواقع .

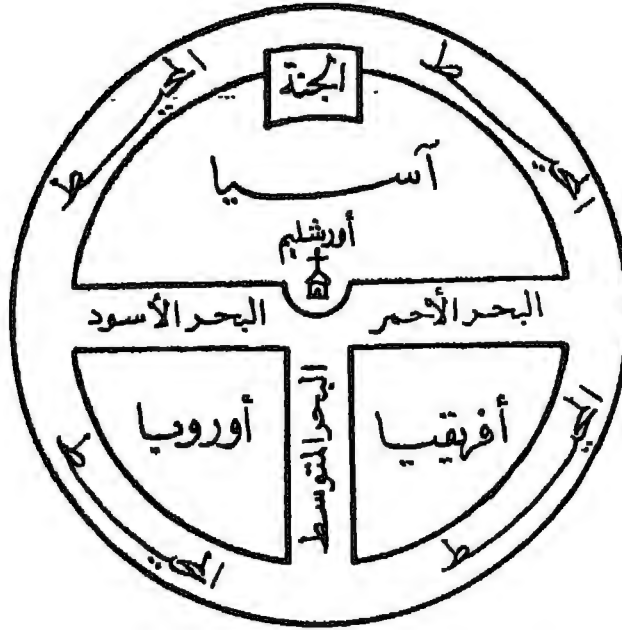
وقد صحح الجغرافيون العرب وصناع الخرائط البحرية في القرن الثالث عشر هذه الانحرافات إلا أنها استمرت في الظهور على الخرائط الأوربية حتى سنة ١٧٠٠ . ولو كان للجغرافيين التقدمى شجاعة بطليموس في الإقدام على الابتكار لما سلموا بكل آرائه بدون بحث . وتعتبر جهود بطليموس ختام القصة بالنسبة للكشوف القديمة ، وبعده لم تعد تحوى الكتب الإغريقية واللاتينية معلومات جديدة ، وأخذ العصر المظلم في الخرائط يحيم شيئا فشيئا .

#### الخرائط الرومانية :

وقبل أن نجف المداد الذى كتبت به « جغرافية » بطليموس كان البحر المتوسط قد أصبح بمثابة بحيره رومانية تحيط بها الأقاليم والمقاطعات الرومانية التى كانت تدين شعوبها بالطاعة لقيصر الرومان . وباتساع الإمبراطورية الرومانية تعرضت حدودها الطويلة لصنط متواصل من البرابرة والفرس . ومن هنا فقد وجدت حاجة ملحة إلى إنشاء شبكة كبيرة من الطرق تربط عاصمة الامبراطورية بأقاليمها المختلفة . ومن هذه النظرة الرومانية إلى الأمور ولدت الحاجة إلى إنشاء خرائط لهذه الطرق على الأقل . فبينما سادت النزعة العلمية الخرائط الإغريقية كانت الخرائط الرومانية تخدم دائما أغراضا عملية . فلم يهتم الرومان بدراسة نظام خطوط الطول والعرض والأرصاد الفلكية وما يتبعها من دراسة لمساقط الخرائط . ورغم معرفة الرومان للمناهج العلمية لإنشاء الخرائط فلم تكن الخرائط فى نظرهم إلا وسيلة تخدم أغراضهم فى الحكم والإدارة .

وتنعكس نظرتهم العممية هذه فى تلك الخريطة التى عرفت باسم لوحة يوننجر Tabula Peutingeriana . وهى ليست خريطة بالمعنى المعروف وإنما هى نوع من خرائط الطرق Itinerarium Scriptum التى انتشرت إبان حكم الرومان . وترجع هذه اللوحة إلى القرن الثالث الميلادى وهى توضح بطريقة بيانية امتداد الطرق وأطوالها والمدن التى تربط بينها ، فرسمت الطرق بخطوط مستقيمة مع توضيح المسافات التى تفصل بين المدن الواقعة عليها .

وفضلا عن لوحة بونتجر أنشأ الرومان خريطة للعالم عرفت باسم Orbis Terrarum أى « مساحة العالم » مكست بصدق نظرة الرومان إلى العالم باعتباره قرصاً مستديراً تتوسطه مدينة روما عاصمة الامبراطورية الرومانية . وقد ظهرت الهند والصين وروسيا على شكل أقاليم هامشية صغيرة تحيط بالامبراطورية الرومانية . وهذه اللوحة تشبه من هذه الناحية الخرائط الصينية القديمة التى كانت تشغل الصين فيها معظم اليابس وتتناثر حولها بقية أقاليم العالم على شكل جزر صغيرة عديدة الأهمية .



## فكرة خريطة العالم الرومانية

( شكل ٧ )

وباستثناء هذه الجهود المتواضعة لم يسهم الرومان بنصيب كبير فى الخرائط . وإذا كانت نهضة الخرائط العالمية إبتداء من القرن السادس عشر قد ارتكزت على ما بلغه الإغريق فى الخرائط واتخذت من جهود بطليموس نقطة البداية لإحياء الخرائط ، فإن الأثر الوحيد الذى تركته الجهود الرومانية هو تأثيرها السيئ فى خرائط العصور الوسطى فى أوروبا حيث سادت خلال هذه العصور المظلمة فكرة القرص المستدير للعالم والذى يحيط به البحر من جميع جهاته ، وهى التى عرفت باسم خرائط Tin O وطرحت جانبا فكرة كروية الأرض التى كان إحيائها فى أوروبا فى عصر النهضة هو الدافعى الأساسى للكشف



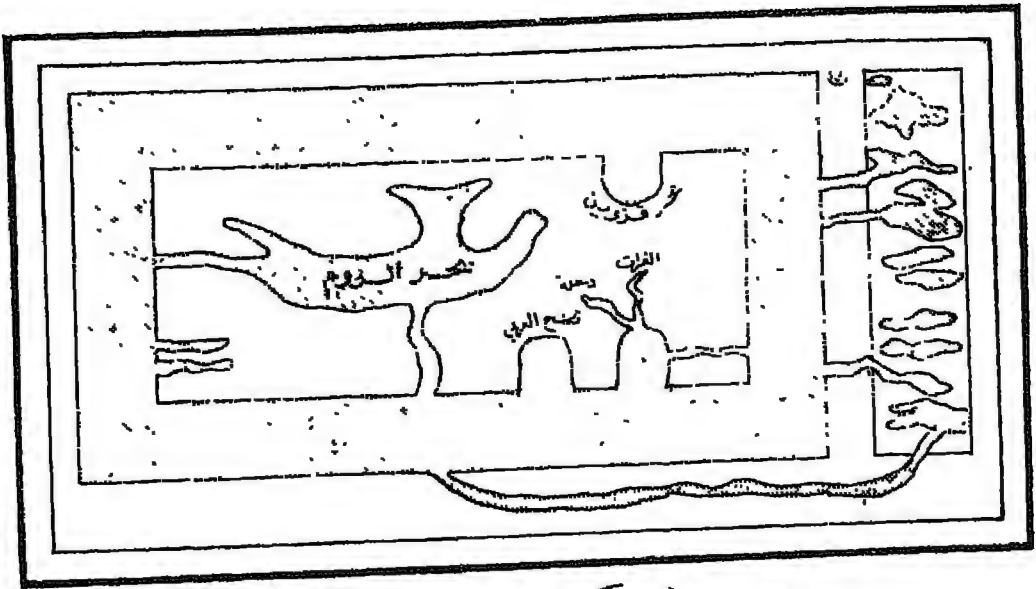
### خريطة العالم الرومانية

(شكل ٨)

الجغرافية العظيمة وما كان لهذه الكشف من أثر كبير على تقدم الخرائط منذ ذلك التاريخ .

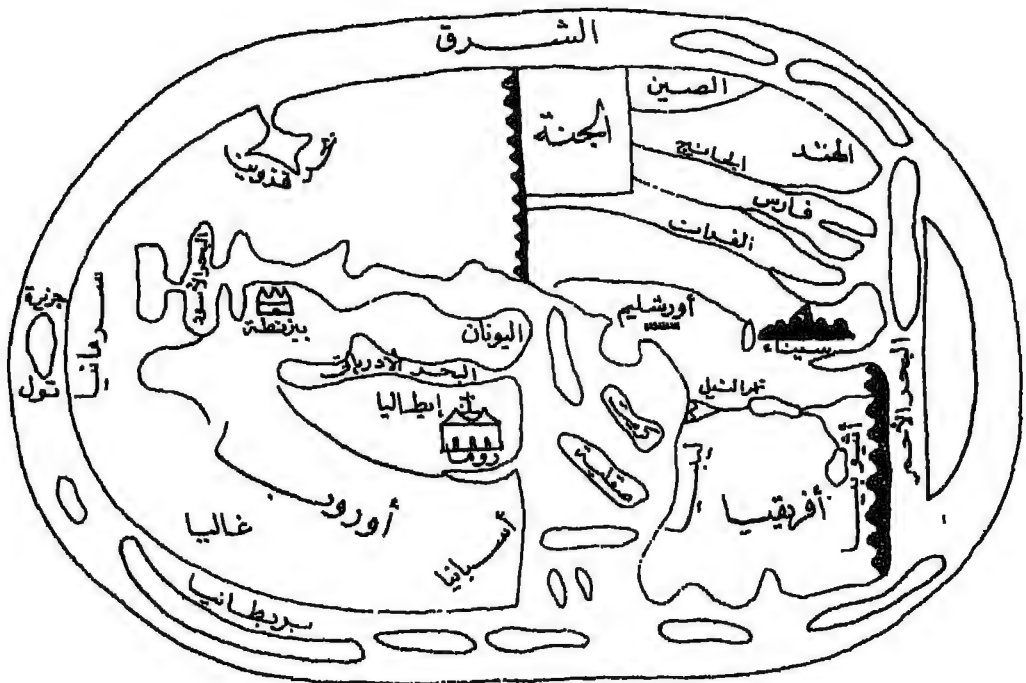
#### الخرائط الأوربية في العصور الوسطى :

وكان تدهور الخرائط الرومانية بداية ذلك الطريق الطويل المظلم الذي سلكته الخرائط حتى عصر النهضة . وإذا كانت العصور الوسطى في أوروبا قد تركت لنا بعض الخرائط فإن هذه الجهود لم تكن تتعدى تمديدات طفيفة على خريطة العالم الرومانية حتى تتلاءم مع تعاليم الكتاب المقدس . ويتضح لنا هذا التدهور بصورة جلية إذا قارنا بين بعض خرائط العصور الوسطى في أوروبا مثل خريطة كوزموس (٥٤٨ م .) أو سان بيتوس (٧٧٦) St. Beatus أو خريطة هيرفورد (١٢٨٠) Hereford وبين الخرائط الإغريقية على سبيل المثال . وكانت خرائط العصور الوسطى في أوروبا تظهر إما على شكل مربع أو على شكل دائرة مثل خريطة هيرفورد أو على شكل بيضاوي مثل خريطة سان بيتوس .



خريطة كوزموس ٥٤٨ م

( شكل ٩ )



خريطة سان بيثوس ٧٧٦ م

( شكل ١٠ )

### الخرائط العربية في العصور الوسطى :

وإذا جاز لنا أن نطلق مع الباحثين اسم العصور المظلمة على العصور الوسطى في أوروبا فإن هذا التعميم لا يمكن أن يكون صحيحاً بالنسبة للعرب . فالباحثون يعتبرون أن النهضة العلمية في أوروبا مرآة صادقة تعكس تاريخ المدينة في العالم ، ولكن هذه النزعة خطيرة للغاية لأنها تؤدي إلى تكوين رأى منحرف عن تاريخ الحضارة العالمية . فقد كان تاريخ العرب في العصور الوسطى هو تاريخ المدينة العالمية ذاتها .

ويخس كثير من الباحثين الخرائط العربية في العصور الوسطى حقها باعتبارها فترة مجدية قاحلة لم يحرز العرب فيها نجاحاً عريضاً في فن الخرائط . ورغم اعترافهم بأن جهد العرب العلمي في مجال الخرائط قد واصل حمل التراث السابق على المسيحية وكذلك مخلفات بطليموس ثم صبوا ذلك كله في قالب علمي من صنعمهم الخاص فإن مسألة تصميم الخرائط لم تكن يسيرة وبقيت بدون حل حتى أيام مركاتور . وعلى الرغم من أننا قد نفتقد في بعض أعمالهم كثيراً من أصالة اليونان إلا أنه لا يمكن القول بتوقف الخرائط العربية عن تضمن أبة معلومات جديدة .

وعند تقييمنا للخرائط العربية في العصور الوسطى يجب أن نضع في أذهاننا أنه رغم الجهود المضنية التي بذلها نفر من الباحثين مثل كونراد ميللر ويوسف كمال ، حتى يجعلوا في إمكاننا الوصول إلى تقدير سليم لفن الخرائط عند العرب ، فإن عدداً قليلاً فقط من الأصول التي خلفها صناع الخرائط العربية ومن الصور المنقولة عن تلك الأصول قد وصل إلى متناول أيدينا . فنحن لا نشر على أثر لأصول جهود الخوارزمي ( خريطة المأمون التي تصور العالم ) ، والبلخي والإصطخرى وابن حوقل والمقدس وصاحب كتاب ( حدود العالم ) . وحتى بالنسبة لخريطة الإدريسي الموجودة بين أيدينا نجد أنها صورة منقولة لا يبدو تاريخها القرن الخامس عشر . وهكذا يبدو من الصعب أن نصدر حكماً شاملاً على مزاياهم .

وقد كان تقدم الخرائط العربية تابعاً ومحدداً بمدى تطور الجغرافية ذاتها . ولذلك فلم تحتل الخرائط العربية مكانة بارزة في النهضة المامية العربية إلا بعد أن ترجمت الكتب القديمة لاسيما كتب اليونان وعلى الأخص ما كتبه بطليموس ( الجغرافية والجسطة ) . وقد ظل العرب يحافظون على هذا التراث وتقدمت معرفتهم الجغرافية شوطاً عما كانت عليه أيام بطليموس .

وقد استطاع العرب أن يحافظوا على استمرار تقدم الخرائط من العصور القديمة حتى البعث العلمي الغربي إبان عصر النهضة وذلك عبر العصور الوسطى . وقد تم ذلك رغم عدم وجود اتصال مباشر بين الخرائط العربية والأوربية . ولم يقف دور العرب عند نقل التراث الإغريق والمحافظة عليه والإضافة إليه بل لقحوا التفكير الإغريق بالهندي . وفي الفترة المحصورة بين القرنين السابع والثاني عشر نجد أن المعرفة الجغرافية تنتقل من أوروبا إلى المراكز العلمية الكبيرة في بغداد وقرطبة ودمشق . ولذلك فلم تكن النهضة الرياضية والفلكية التي قامت في روما وكسفورد وباريس في القرن الثالث عشر إلا انعكاساً للجهود الإسلامية في ميدان الخرائط .

وقد كان العرب على حق في اعتقادهم بأن جهود الإغريق والرومان بلغت ذروتها فيما كتبه بطليموس . ورغم ذلك فلم يتابع العرب بطليموس متابعة العبيد ، بل إن الرحالة العرب قد فندوا كثيراً من آرائه وأعادوا حساب طول الدرجة وتوصلوا إلى نتائج غاية في الدقة . فلم يكن العرب بحال من الأحوال مجرد ناقلين للحضارة Good Conductors of Civilization فلا شك أنهم كانوا على حرص وفهم للمعرفة وكان طبيعياً أن يبدأوا بما انتهى إليه غيرهم . وقد بلغت جهود العرب ذروتها في القرن العاشر بكتابات البتاني والمسعودي . فقد نبذ أولهما كثيراً من آراء بطليموس وإن كان قد مال إلى تصديق كوزموجرافية استرابو واعتبر أن المحيط الهندي بحر مفتوح ، بعكس بطليموس الذي كان يعتقد باتصال ساحل إفريقية الشرق باليابس الآسيوي عند شبه جزيرة الملايو . واكتملت معرفة العرب عن العالم بما كتبه البيروني عن الشرق والإندوس عن الغرب .

وهناك عدة عوامل لعبت دوراً كبيراً فيها وصلت إليه نهضة العرب في العلوم الجغرافية وما تبعها من تقدم في فن الخرائط يمكن أن نوجزها فيما يلي :

١ - إنبثقت عناية العرب بالعلوم الجغرافية من واقع حياة الترحال التي كانوا يقيمونها . ولذلك فإننا نلصق آثاراً عربية ذات صلة بمسائل جغرافية من قبل أن يحين مولد الجغرافية العلمية عند العرب .

٢ - أصبح العرب بعد الفتح سادة كثير من المناطق التي كانت مهدا المدنية ومن ثم كان الفتح والتوسع يفسحان المجال للسلام والحضارة .

٣ — محاولة الحكومة المركزية دراسة أحوال البلاد التي تتكون منها الإمبراطورية حتى يكون نظام الحكم نظاماً سليماً .

٤ — تشجيع الخلفاء المسلمين للبحث والدراسة ، لا سيما الخليفة المأمون الذي تقاضى منه المترجمون ثقل كتبهم ذهباً .

٥ — قيام منافسة علمية شريفة بين مراكز الثقافة الإسلامية المتناثرة من الأندلس حتى حدود الصين .

٦ — كان لانتشار الإسلام نفسه أثر كبير في تقدم العلوم .

٧ — بانتشار الإسلام سادت اللغة العربية ، فأدى تجانس التعبير إلى جانب تجانس الاعتقاد الديني إلى نمو العلوم وتقدمها .

٨ — نظام الصلاة تطلب العناية بدراسة طرق تحديد القبلة من مختلف جهات الإمبراطورية ، فدفعت شعائر الإسلام العرب إلى الاهتمام بالدراسات الفلكية .

٩ -- قدر الدين الإسلامي متاعب السفر فخفف على المسلم بعض الواجبات الدينية في الصلاة والصوم مما شجع المسلمين على القيام برحلاتهم العلمية .

١٠ — كان للحج أثر كبير في تقدم المعرفة الجغرافية عند العرب فقد كانت فترة الحج فترة فراغ من أعياد الحياة تتيح للعرب فرصاً أوسع لتبادل الخبرات عندما يلتقون بغيرهم من المسلمين من أجناس مختلفة قدموا من بيئات طبيعية واجتماعية متباينة . كما كانت رحلة الذهاب والإياب إلى الحجاز نستغرق وقتاً طويلاً مما عرف عن بطء المواصلات في العصور الوسطى ومن ثم يمكن اعتبار هذه الفترة فترة تفرغ لرحلة دراسية عظيمة .

١١ — باتساع الإمبراطورية تولدت الحاجة إلى تكوين جهاز للبريد ومد شبكة للطرق . وقد كان هذا دافعا لظهور كتب تعالج موضوع « المسالك والممالك » لابن خردادبة والاصطخري وابن حوقل .

١٢ -- بانتشار الطرق ازدهرت التجارة وامتد نشاط التجار العرب خارج الإمبراطورية نفسها . وقد دوز كثير من التجار مشاهداتهم في البلاد الأجنبية .



١٣ — كان لازدهار التجارة أثر في توفر الأموال الطائلة لدى العرب مما شجع عشاق الرحلات على القيام برحلاتهم .

١٤ — لا يجب أن ننسى ما كان لنظام الوقف على أعمال الخير من أثر في تشجيع العلم والدراسة .

١٥ — كانت للمروبة هيبة فكان العرب المسافرون بلقون من كرم الضيافة وحسن المعاملة ما حجب إليهم الرحلات والأسفار .

١٦ — أدت معرفة العرب لبعض الأجهزة المساحية إلى تسهيل أسفارهم ، فقد اخترع العرب الإسطرلاب ، كما أن القرائن تدل على أنهم توصلوا إلى معرفة البوصلة قبل الصينيين الذين عزوا اختراعها إلى بعض الأجانب وعم على الأرجح المسلمين .

١٧ — كانت الرحلات هدف كثير من العرب . وإذا كان معظمهم قد زار الأماكن المقدسة فإن الحج كان يأتي أحيانا كثيرة عرضا . وكل هؤلاء الرحالة أودعوا خلاصة تجاربهم في قصص رحلاتهم حيث تنتشر المعلومات الجغرافية القيمة بين ثناياها . ومن بين هؤلاء الرحالة كثير من صناع الخرائط مثل ابن حوقل والمسعودي والمقدسي والإدريسي .

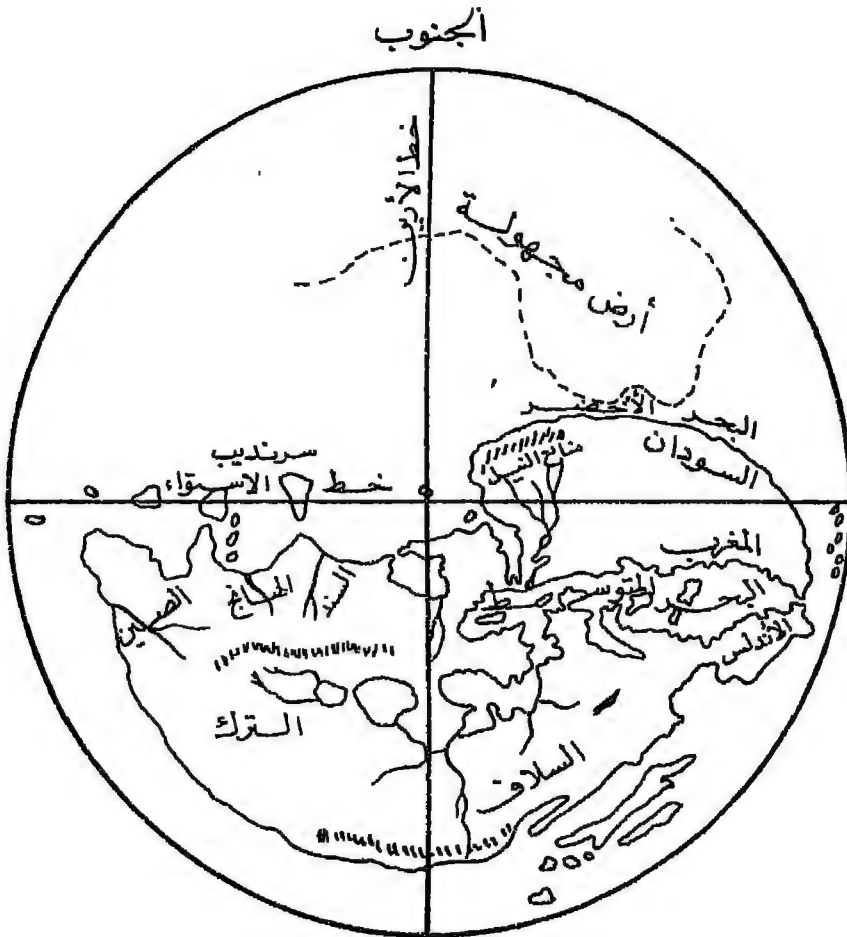
١٨ — إذا كانت أمور الجغرافية قد استرعت انتباه الكتاب العرب الذين تناولوا جغرافية الجزيرة العربية وتاريخها وآثارها مثل أبو زياد السكلاي والنضر بن شميل وهشام الكلبي وسعدان بن المبارك وأبو سعيد الأصبمى ، فقد ائتمن غير واحد من الجغرافيين العرب آثار بطليموس ، وكانت هذه نقطة الانطلاق في ميدان الجغرافية الفلكية والخرائط .

وقد وضع كتاب محمد بن موسى الخوارزمي الأساس الأول لعلم الجغرافية العربي . وقد ألف كتابه ( صور الأرض ) في النصف الأول من القرن التاسع الميلادي . ويمتد بأن هناك صلة بين هذا الكتاب وبين خريطة العالم الشهيرة التي تعاون على رسمها ثمة من الباحثين تحقيقا لرغبة الخليفة الساموني . ولكن معظم الخرائط التي ساهم في رسمها الخوارزمي قد فقدت .

ويعتبر أبو زيد أحمد بن سهل البلخي أحد الرواد المسلمين لصناعة الخرائط . وفي معظم كتبه ( الأشكال — صور الأقاليم ) تتخلل الرسوم والخرائط الشرح والبيان .

ومجموعة الخرائط التي قام بعملها البلخي كونت أطلساً كان يعرف بأطلس البلخي أو أطلس الإسلام .

أما أشهر صنائع الخرائط العرب في هذه الفترة المتقدمة فكان أبو حسن علي المسعودي . وقد ولد المسعودي في مدينة بغداد ثم أمضى شبابه في الترحال حيث زار الهند وسيلان وبحر الصين وآسيا الصغرى والشام وفلسطين وزنجبار ومدغشقر وعمان ثم استقر في إصطخر . وفي سني عمره الأخيرة زار مصر حيث توفي بالفسطاط . وقد حقق المسعودي اطلاعاً واسعاً على المؤلفات الجغرافية التي تيسرت له في عهده ، ومن أجل ذلك فقد ذكر لنا موضوعات تتناول مؤلفات عدة لم يمد لها من بعده وجود . ويعتبر « مروج الذهب ومعادن الجوهر »



خريطة المسعودي

تسجيلاً لما اكتسبه السعوى من خبرات . فضلاً عن هذا الكتاب العظيم فإن للسعوى عدة كتب أخرى مثل : الاستذكار — التاريخ في أخبار الأمم من العرب والعجم — التنبيه والإشراف — أخبار الزمان — المقالات في أصول الديانات . وتعتبر خريطة السعوى من أدق الخرائط العربية التي ظهرت لتحديد العالم المعروف في ذلك الوقت . وكان يعتقد باستدارة الأرض وقد رسمها في خريطته وقد اخترق سطحها خطان رئيسيان متعامدان؛ خط الاستواء ماراً بجزيرة سرنديب ( سيلان ) وخط الأرين ماراً بجزيرة رنجبار . وبالإضافة للعالم المعروف فقد كان يعتقد بوجود كتاتين من اليابس ، كتلة في البحار الجنوبية وأخرى على الجانب الآخر من العالم المعروف وذلك للمساعدة على حفظ توازن الأرض .

وقد ظهر في هذه الفترة نوع آخر من الخرائط هو أقرب إلى الكلاتوجراما فقد كان نوعاً فريداً بالنسبة لخرائط ذلك العصر ، تلك هي خريطة ابن حوقل للعالم . وقد اعتمد أبو القاسم محمد ابن حوقل البغدادي الموصل في إنشاء خريطته على كتاب الإصطخرى . ويتضح لنا من دراسة خريطة ابن حوقل أن السواحل بها تظهر إما على شكل خطوط مستقيمة أو أقواس من دوائر . وتظهر الجزر والبحار الداخلية مثل بحر قزوين وبحر آرال على هيئة دوائر كاملة . والخريطة كلها مرسومة بطريقة هندسية تخطيطية .

وأشهر صناع الخرائط العرب هو أحمد عبد الله بن إدريس الشريف . وقد نعلم الإدريسي في قرطبة وذهب إلى صقلية حيث أقام بها . وقد أعاد عليه ملكها روجر الثاني هباته وعطاياه . وقد صنع له الإدريسي كرة أرضية من الفضة كتب عليها بأحرف عربية كل ما كان يعرفه من البلدان المختلفة . ولكن هذه الكرة قد فقدت . وقد سجل الإدريسي ما شاهده في كتاب أطلق عليه اسم « نزهة المشتاق في أخبار الأفاق » وقيل « اختراق الآفاق » . وكان هذا الكتاب عوناً للجغرافيين الغربيين في توسيع معارفهم ، كما كان عوناً للمستكشفين البرتغاليين في القرن الخامس عشر على ارتياد الأماكن المجهولة . وكان الإدريسي يعتقد بأن « الأرض مدورة كمدوير الكرة ، والماء لاصق بها راكد عليها ركوداً طبيعياً لا يفارقه ، والأرض والماء ممتزجان في جوف الفلك كاللحم في جوف البهيصة . . » . وقد احتوى كتاب الإدريسي على خريطة للعالم المعروف<sup>(١)</sup> . وقد صنع أيضاً خريطة على شكل مستطيل من

(١) قسم الإدريسي العالم المعروف إلى سبعة أقاليم : ناحية ثم جعل كل إقليم مقسماً إلى عشرة أقسام متساوية من الغرب إلى الشرق ، ثم إنه جعل لكل قسم من هذه الأقسام السبع خريطة خاصة ، عدا الخريطة العالمية الجامعة . وهذه الخرائط السبعون محفوظة في نسخ كتاب إدريسي ، ومنها استخراج كونراد



فيجب ألا ينبع عن أذهاننا أن الإدريسي وضع كتابه وخريطته في النصف الأول من القرن الثاني عشر ، وأن موت روجر وما أعقبه من قلاقل في دولة النرمان في صقلية لم تمكن الإدريسي أن يدخل على خريطته التعميدات الأخيرة الواجبة . والواقع أن الإدريسي كان يمثل وجهة النظر الغربية لدى العرب وطريقة تفكير العرب لدى الغربيين . ولذلك لم يكن غريباً أن يطلق على الإدريسي « استرابو العرب » .

ورغم تلك الجهود العظيمة فقد كانت إضافات العرب إلى فن الخرائط إضافات قليلة ، وقد أثارت بقلتها دهشة كل من درس الخرائط العربية . فقد جاب الرحالة العرب العالم المعروف من أسبانيا في الغرب حتى بلاد الصين في الشرق ومن روسيا شمالاً حتى سواحل شرق إفريقيا جنوباً . وقد كان من المفروض أن تمتد هذه الرحلات العظيمة — التي لم يتسنى لأى أوربي معاصر لهم أن يقوم بها — صنع الخرائط العرب بمادة خام يمكن تحويلها إلى خرائط رائعة . ولكن يبدو أن العرب لم يكن لديهم المقدرة الفنية ليحولوا بيانها حقائقهم المكسدة إلى خرائط وكان من نتيجة ذلك أن عجزوا إلى حد ما عن القيام بأية محاولة جريئة لتصحيح فروض الجغرافيا اليونانية القديمة .

ومها يكن الأمر فقد جاءت خرائط العرب للجهات التي تحقق فوقها راية الإسلام أرق من خرائط بطليموس ، وفضلاً عن ذلك فهم أول من استخدم الخرائط في تعليم الجغرافية بالمدارس .

### الخرائط البحرية في العصور الوسطى :

توثقت الصلة بين الملاحة وفن الخرائط خلال العصور الوسطى . ولذلك كان أهم ما توصلت إليه العصور الوسطى في فن الخرائط هو ظهور رسوم بورتولانو البحرية Portolano Chart . وأصل تلك الخرائط محاط بالغموض . ولكن من المؤكد أنها كانت خرائط بحرية صرفة ، فقد ظهرت هذه الخرائط أول الأمر بين بحارة جنوة والبندقية نتيجة إحساس الناس بحاجتهم وهم يخوضون مناطق ينزل بعضها عن البعض كثيراً إلى خرائط ترشدكم إلى موانئ التجارة .

ولا شك أن أصل هذه الخرائط يرتبط برحلات العرب في المحيط الهندي والشرق الأقصى ، كما يرتبط بظهور كثير من الربابنة العرب المحترفين الذين ذكرهم أحمد بن

ماجد<sup>(١)</sup> الملاح العرب العظيم في أواخر القرن الخامس عشر الميلادي .

وعلى الرغم من استخدام العرب لرسم بحرية مشابهة واستمرار استعمال هذه الرسوم البحرية التي أكتسبها ملاحظات ماركو بولو الذي أقر أنه استقى معرفته بساحل سيلان والمياه المجاورة من الرسوم البحرية للملاحى هذه البحار، فلم يتح لهذه الرسوم أن ترى النور ، ولم يصل إلى أيدينا منها شيء .

وقد ظهرت خرائط بور تولانو على شكل خرائط منفصلة أو على شكل أطالس ، والنوع الأخير كان في معظم الأحيان عبارة عن نشر الخريطة الأساسية مقسمة . كما كان يضاف إلى الأطالس تقويم زمني وخريطة للعالم أو بعض البيانات الفلكية . وتعرف الخرائط البورتولانية عادة باسم راسمياها . ولم يزد عدد الخرائط التي ظهرت خلال القرن الرابع عشر من هذا النوع على ١٢ خريطة .

وقد رسمت خرائط البورتولانو على قطع من الجلد الرقيق وكانت تتراوح مساحة الخريطة بين ٣٦ × ١٨ بوصة ، ٥٦ × ٣٠ بوصة . وقد بدأت هذه الخرائط بتوضيح المناطق المحيطة بكل من البحر الأسود والبحر المتوسط مع التركيز على السواحل وإهمال كل تفاصيل عن الداخل . ولكن توالى الكشف الجغرافية كان يضيف بالتدريج إلى الخرائط الأساسية مناطق جديدة ، فبدأت تظهر منطقة شمال غرب أوروبا ثم إفريقية ثم العالم الجديد . وكل نوع لاحق من هذه الخرائط كان ينقل الخريطة السابقة بنفس الدقة ثم يضيف إليها المناطق المستحدثة أى أن مركز الخريطة وهو منطقة البحر المتوسط كان يظل بدون تغيير في جميع خرائط البورتولانو .

وتتميز خرائط البورتولانو ببعض السمات المشتركة ، أولها أنها جميعا تغطي منطقة واحدة هي منطقة البحر المتوسط والبحر الأسود وجزء من ساحل أوروبا ؛ المطل على المحيط الأطلنطي .

وثانيها أن المناطق التي رسمت بدقة هي تلك المناطق التي كانت مجال نفوذ تجار البندقية وجنوة، فقد سيطر تجار البندقية على تجارة البحر الأسود ولاسيما المناطق المحيطة ببحر آزوف.

---

(١) في نهاية القرن الخامس عشر وضع الملاح العربى المشهور سـابـ ابـ الدين أحمد بن مـاـسـد دليلاً بحياً (١٠٠٠٠) ممتدداً استند فيه إلى خبره الشخصي والكتب السابقة .

وثالث هذه السمات المشتركة بين خرائط البورتولانو هو نظام الخطوط System of lines التي تغطي الخرائط . فقد خلت خرائط البورتولانو من خطوط الطول والعرض ، واستبدلت بها شبكة من الخطوط كانت تغطي سطح الخريطة . وتفرع هذه الخطوط من نقطتين أساسيتين في شرق وغرب البحر المتوسط قرب حدود الخريطة وذلك في جميع الاتجاهات . ويبلغ عدد هذه الخطوط ما بين ١٦ إلى ٣٢ خطاً . أما في الخرائط المتأخرة فكانت هذه الخطوط تتبع تقسيم البوصلة وتلزم بتوضيح اتجاهات الرياح الرئيسية أى أنها كانت تشير إلى الاتجاهات الأصلية .

ويبدو أن هذه الخطوط لم تكن لها علاقة بعملية إنشاء الخريطة . فواضح من دراسة هذه الخطوط أنها كانت تضاف إلى الخرائط بعد رسمها بهدف مساعدة البحارة في التعرف على طريقهم في البحر .

ورابع هذه السمات المشتركة هو نظام مقياس الرسم Scale . فقد تقيدت هذه الخرائط إلى حد ما بمقياس رسم تقريبي ولكنه لم يكن محددًا . وكانت مشكلة القياس أن الوحدات القياسية داخل الخريطة الواحدة لم تكن واحدة . فقد توصل فاجنر إلى أن طول الميل الذي كان يستخدم في تمثيل شرق البحر المتوسط لم يكن هو نفسه الذي استخدم في تمثيل سواحل الأطلنطي فقد كان طول الميل في الحالة الأولى يبلغ حوالي ١٠٠ ٤ قدم أو ثلثي الميل البحري الحالي . أما في الحالة الثانية فقد كان يبلغ حوالي ٥٠٠٠ قدم ، فكان من نتيجة ذلك أن ظهرت سواحل المحيط الأطلنطي أقصر من حقيقتها مما تسبب في تشويه بعض معالم الخريطة .

كذلك اتفقت كل الخرائط البورتولانية من حيث استخدامها لألوان متشابهة في توضيح مظاهر الخريطة الهامة . فقد رسمت خطوط السواحل فيها جميعاً باللون الأسود الباهت ثم كتبت أسماء الموانئ والمعالم التضاريسية البارزة في السواحل باللون الأسود أيضاً ولكن بطريقة تتعامد على خط الساحل ، أما الموانئ الهامة فقد كانت تكتب باللون الأحمر الذي لم يكن يشير في هذه الحالة إلى أهمية تجارية أو عمرانية ولكن إلى سهولة الحصول من هذه الميناء على المؤن والماء العذب أما الجزر الصغيرة التي كانت توجد في دالات الأنهار فكانت تكتب بلون بارز مثل الأحمر أو الذهبي .

كذلك اشتركت الخرائط البورتولانية في إهمال التفاصيل الداخلية مثل الجبال والمدن والطرق والأنهار ، فقد ظهرت هذه التفاصيل أقل بكثير من الخرائط الكنسية ecclesiastical maps المعاصرة لها .

وقد ظهرت معظم خرائط بورتولانو على شكل أطالس يتكون كل منها من عدد من الخرائط يتراوح بين ٤ و ١٢ خريطة . ومعظم هذه الأطالس التي ظهرت على وجه الخصوص في القرنين الرابع عشر والخامس عشر كانت تشتمل على :

١ — خريطة للعالم بعباوية الشكل غالباً .

٢ — مجموعة من الخرائط المحلية خرائط لبعض الموانئ أو لمناطق ساحلية صغيرة .

٣ — خرائط منفصلة للبحر الأدرياتي وبحر ايجة وأحياناً بحر قزوين .

٤ — خريطة للبحر المتوسط ( وهي أساسية في أطلس بورتولاني ) .

وفضلاً عن هذا وذاك فقد نشأبت الأطالس البورتولانية في احتوائها على بعض التقاويم الملاحية — الفلكية Astronomical والتنجيمية Astrological مما — وأحياناً بعض جداول للدورات القمرية Lunar cycles . وهذه البيانات كانت بالنسبة لبحارة العصور الوسطى تفويماً بحرياً Nautical Almanac هاماً .

ولكن بحلول القرن السابع عشر بدأت الخرائط البورتولانية في التدهور وظهرت الخرائط التي تعتمد في إنشائها على استخدام نظام خطوط الطول والعرض .

### تطور الخرائط في عصر النهضة :

يرجع معظم الكتاب نهضة الخرائط العالمية بعد العصور الوسطى الى ثلاثة أسباب رئيسية ساعدت على التطور السريع الذي طرأ على الخرائط في ذلك العصر وهي :

١ — إحياء « جغرافية » بطليموس .

٢ — إستخدام الحفر والطباعة .

٣ — الكشوف الجغرافية العظيمة .

فقد ترجم كتاب « الجغرافية » لبطليموس إلى اللغة اللاتينية للمرة الأولى سنة ١٤٠٥ م . نتيجة جهود الإيطاليين لدراسة تراث اليونانيين والرومان ، وإنس معنى هذا أن كتاب



بطليموس كان في حكم المفقود طوال هذه الفترة ، بل حافظ العرب على كتاب بطليموس ومن طريقهم إنتقل الكتاب إلى الغرب خلال المصور الوسطى .

وقد احتوت جغرافية بطليموس كما رأينا على بعض الأخطاء التي ظلت متداولة بين صناع الخرائط من بعده مئات السنين . فقد بالغ بطليموس في امتداد البحر المتوسط وظل هذا الخطأ شائعاً في خرائط القرون الستة عشر التالية ، وقد اختصر مريكتور هذا الامتداد إلى ٥٣° فقط . ولم يتم تصحيح هذا الامتداد فعلاً إلا على يد الفلكي الكبير كبلر Kepler سنة ١٦٣٠ . وظهر بطول ٤٢° لأول مرة في خريطة ديلسل Delisle سنة ١٧٠٩ . وقد استمر ظهور هذا الخطأ طوال تلك المدة الطويلة رغم أن العرب كانوا قد توصلوا إلى امتداده الحقيقي بدقة تدعو إلى الدهشة .

كذلك فن الأخطاء البطلمية التي سادت الخرائط حتى عصر النهضة طريقة رسمه للأنهار الكبيرة التي كانت تنبع من وراء الصحراء الكبرى في إفريقية .

من هنا نجد أن كثيراً من صناع الخرائط في القرب كانوا لا يجدون أدنى حرج في متابعة بطليموس . ولكن التأخرين منهم اكتشفوا ضرورة تعديل خرائط بطليموس ومن هنا ظهرت تلك السلسلة من الخرائط التي عرفت باسم « Tabulae Modernae » والتي كانت تصنف إلى الترجمات الحديثة لجغرافية بطليموس . وأقدم هذه الخرائط خريطة اسكنديناوه والتي رسمها كلافوس Clavius الدنمركي ، فقد امتد كلافوس بخريطة بطليموس حتى النرويج وأيسلند والحدود الجنوبية لجرينلند . وكان هذا أول خروج كارتوجرافي بخريطة العالم القديم حتى هذه الحدود الشمالية .

وتوالى بعد ذلك تلك السلسلة من الخرائط التي صاحبت نشر كتابات بطليموس فيما بين عامي ١٤٢٥ و ١٤٦٠ حيث نشرت خرائط لكل من أسبانيا وفرنسا وإيطاليا ووسط أوروبا . وقد بلغت معظم هذه الخرائط درجة كبيرة من الدقة .

أما السبب الثاني لتقدم الخرائط خلال عصر النهضة فكان التطور الكبير الذي طرأ على وسائل الحفر والطباعة . فقد كانت الخرائط حتى ذلك العصر ترسم باليد . وكان يوجد في بعض مرا كز الخرائط الكبيرة مثل المندقيه بعض المصانع التي كانت تستخدم

مجموعة كبيرة من الرسامين كانوا يتولون نقل الخرائط . ولهذا فقد كان عملهم يقتصر على إمداد الأمراء ورجال البحرية وبعض الجامعات بمحاجتهم من الخرائط التي كانت أثمانها مرتفعة بالطبع .

ولكن بتقدم فن الطباعة أصبح من الممكن إنتاج آلاف الخرائط بنفس اللوح الذي يتم حفر الخريطة عليه ومن ثم أصبح ثمن لوح الحفر يقسم على كل هذه الآلاف من الخرائط بعد أن كان يتركز في خريطة واحدة . وكانت عملية الحفر تتم أولا على الخشب ثم استبدل به النحاس . أما الألوان فكانت تضاف باليد بعد عملية الطبع نفسها . وقد اتسع نطاق استخدام الخرائط بعد ذلك حتى أن مؤسسات الخرائط في امستردام والبندقية كانت تستخدم مئات العمال لحفر الخرائط .

أما السبب الثالث لهذا التطور الكبير فقد كان توالى الكشف الجغرافية العظيمة التي أضافت الكثير عن امتداد العالم وصححت كل فروض صناع الخرائط في هذا المجال . وكان توالى الكشف الجغرافية ذاتها نتيجة عدة اكتشافات علمية أخرى كان أهمها هو استخدام البوصلة ، والتطور الكبير الذي طرأ على شكل السفن المستخدمة في الملاحة لاسيما في هولندا والبرتغال .

وتعتبر خريطة جوان دى لا كوزا *Juan de La Coza* ( ١٥٠٠ ) أشهر خرائط هذه الفترة ، فقد بينت هذه الخريطة الأراضى التي اكتشفها كابرال في البرازيل ، وتلك التي اكتشفها كابوت في رحلته إلى كندا وكذلك الطريق التي اكتشفها فاسكو داجاما إلى الهند .

وكانت خريطة فالنزيومول *Waldseemüller* في سنة ١٥٠٧ أول خريطة توضح بشكل محدد كلا من أمريكا الشمالية والجنوبية بشكل منفصل عن آسيا . وهذه الخريطة غنية في تفاصيلها وقد طبعت على ١٢ لوحة مساحتها  $4\frac{1}{2} \times 8$  أقدام . وقد استخدمت الخريطة مسقطا جديدا يشبه إلى حد كبير مسقط بون *Bonne* . وقد ذكر في الخريطة لأول مرة اسم « أمريكا » نسبة إلى الرحالة الفلورنسى أمريجو فسبوتشى *Amerigo Vespucci* ، فقد كتب فالنزيومول على أمريكا الجنوبية . ولم تقبل كل الخرائط التالية هذا الاسم إلى أن استخدمه ماركيتور وأطلقه أيضا على القارة الشمالية .

وفي ٨ سبتمبر سنة ١٥٢٢ وصلت إلى اشبيلية إحدى سفن ماجلان ووضعت بوصولها حداً للجغرافية بطليموس حيث تم تحديد أمريكا في مكانها الصحيح ثم تحديد مضيق ماجلان وكذلك عرف مدى اتساع المحيط الهادى .

وأول خريطة أشارت إلى هذا التطور الذى طرأ على الخرائط هى خريطة ريبيرو Ripero سنة ١٥٢٩ التى تعتبر نقطة بارزة فى تطور معرفتنا بالعالم وتمثيله على الخرائط . فقد غطت الخريطة المنطقة المحصورة بين القطبين كما ظهرت جزر الهند الشرقية عند طرفى الخريطة أى أن المحيطات كلها قد ظهرت فيها . ورغم ذلك فقد بولغ فى امتداد السواحل الشرقية لآسيا بحوالى ٢٠° جهة الشرق . وقد ظهر المحيط الهادى صغيراً إلى حد ما ، أما البحر المتوسط فقد ظهر دقيقاً إلى حد كبير وإن كانت منطقة شمال شرق إفريقيا قد ظهرت مشوهة . وقد ظهرت السواحل الشرقية للأمريكتين كاملة وكذلك السواحل الغربية لأمريكا الوسطى . والمنطقة التى يعود الفضل فى توضيحها إلى رحلة ماجلان هى المنطقة المحصورة بين مصب لابلاتا ومضيق ماجلان وكذلك بعض جزر الفلبين وساحل بورنيو الشمالى .

#### كرة مارتن بهاييم : Behaim's globe

تعتبر الكرة الأرضية التى صنعها مارتن بهاييم أول كرة أرضية عرفها العالم . والظاهرة الأولى فى هذه الكرة أنه بحكم كونها كرة فقد افترض صانعها وجود محيط بين السواحل الشرقية لآسيا وسواحل أوروبا الغربية حيث أنه انتهى من صنعها فى نفس السنة التى اكتشف فيها كولبس العالم الجديد . والظاهرة الثانية أن هناك احتمالاً كبيراً بأن كل الحدود الخارجية للعالم المعروف فى كرته — باستثناء الساحل الأفريقى — قد تقل من الخرائط السابقة له . والظاهرة الثالثة أن صناع الخرائط المتأخرين قد حاولوا إدخال الكشوف الجديدة على الإطار الذى وضعه بهاييم .

ويبلغ قطر كرة بهاييم ٢٠ بوصة ويظهر عليها خط الإستواء والمداران والدائرة القطبية وقد قسم خط الإستواء إلى ٣٦٠° . وكان بطليموس يعتقد أن امتداد العالم المعروف يبلغ حوالى ١٧٧° حتى سواحل شرق آسيا المعروفة ثم أضاف إليها عدداً من الدرجات لتمثل امتداد الصين . وقد تقبل بهاييم ١٧٧° التى حددها بطليموس ولكنه أضاف إليها ٥٧° لتوضح امتداد السواحل الشرقية للصين . فبلغ امتداد العالم على هذا الأساس ٢٣٤° ولكن الحقيقة أنه لم يكن يزيد على ١٣١° .

وكان من نتيجة هذا الخطأ اختصار المسافة بين غرب أوروبا وشرق آسيا إلى ١٢٦° بدلا من ٢٢٩° ، ولم يرد ذكر على الكرة لطول الدرجة . ولكن إذا كان يهايم قد ذهب مذهب كولبس في اعتدال طول الدرجة ٥٦¼ ميل فإنه قد وقع في خطأ كبير .

### المدرسة الإيطالية في عصر النهضة :

صاحبت نهضة الخرائط في إيطاليا النهضة التي أصابت بقية العلوم والفنون . وهناك عدة العوامل جعلت من إيطاليا مركز صناعة الخرائط في هذا الوقت المبكر ؛ فإيطاليا تتمتع بمركز جغرافي ممتاز وسط العالم المتمدين ؛ وإذا أضفنا إلى ذلك تقدم صناعة السفن بها وشجاعة ملاحيتها ، لم يبد غريباً بعد هذا أن يكتشف ماركو بولو الشرق الأقصى ويكتشف الإيطاليون كل الساحل الشرقي لأمريكا . فكولبس من جنوة وفسبوتشي من فلورنسا وكابوت Cabot وفيرازانو Verrazono من البندقية .

وأشهر الخرائط التي ظهرت في ذلك الوقت في إيطاليا هي خرائط بورتولانو البحرية . كذلك طبعت « جغرافية » بطليموس لأول مرة في إيطاليا؛ في بولونيا سنة ١٤٧٧ وفي روما سنة ١٤٨٧ وفي فلورنسا ١٤٨٠ وفي روما مرة أخرى سنة ١٤٩٠ . وقد رسمت الخرائط في هذه الطبوعات — لا سيما تلك التي كانت تطبع في روما — بدقة متناهية وتعتبر أمثلة رائعة للحفر على النحاس .

وقد شهدت العقود الوسطى من القرن السادس عشر نشاطاً كبيراً في إنتاج ونشر خرائط منفصلة لكل أجزاء العالم المعروف ، وقد تركزت هذه الصناعة في روما والبندقية كما قام بعض الناشرين بجمع بعض الخرائط المنفصلة وضموها جميعاً في مجلدات موحدة فحافظوا بذلك عليها .

ولم تكن الخرائط الإيطالية كلها على درجة فنية واحدة . فالخرائط التي تمثل إيطاليا كانت دقيقة لأنها كانت تعتمد على أعمال مسحية جديدة أما البلاد الواقعة إلى الشمال أو بالقرب من جبال الألب فقد أعاد صناع الخرائط في إيطاليا رسمها ، أحياناً بنفس المقياس وأحياناً بعد تصغيرها .

وفي قمة هذا الانتماء الفني شهدت إيطاليا تطوراً بطيئاً ولكنه مستمر أدى إلى انحدار صناعة الخرائط بها . فقد شهدت هذه الفترة تحول طرق التجارة الأوربية من البحر المتوسط إلى المحيط الأطلنطي ، ومن ثم فقد فقدت إيطاليا مركزها الجغرافي الممتاز وما تبع ذلك من فقدها للثروة . وتعتبر سنة ١٥٧٠ نقطة تحول في صناعة الخرائط ، ففي شهر مايو من هذا العام أنتج

أورتيليوس Ortelius أول طبعة من أطلسه في أنتورب بهولنده ولم يلبث أن ظهر بعده مركيتور ثم هنديوس Hondius ، وهكذا بدأ إنتاج الخرائط يتحول تدريجيا من إيطاليا إلى الأراضي المنخفضة .

### المدرسة الهولندية في عصر النهضة :

ظهرت في هولنده في الفترة من سنة ١٥٧٠ حتى سنة ١٦٧٠ مجموعة من أكبر صناع الخرائط في العالم . وقد بدأت صناعة الخرائط في أنتورب ثم انتقلت إلى أمستردام . وقد فاقت الخرائط الهولندية في تلك الفترة كل الخرائط العالمية في دقة التثيل وروعة الألوان ، ولا يمكن مقارنتها في هذا المجال إلا بالخرائط الإيطالية المتقدمة وإن كانت هذه الأخيرة لا تصل في عددها إلى مرتبة الخرائط الهولندية .

وفي مستهل القرن السابع عشر بدأت الخرائط في هولنده تخطو نحو القمة ، فلم يقتصر الأمر على مجرد إنتاج الخرائط الصغيرة على أساس مساقط علمية صحيحة ولكنهم توسعوا في إنتاج الخرائط الكبيرة وعلى نطاق واسع ، ولم يقتصر الناشرون الهولنديون خلال القرن السابع عشر على مجرد إنتاج هذا العدد الضخم من الخرائط ولكنهم كانوا يعيدون طبع الخرائط في طبعات متتالية ، ولم يقتصروا على مجرد نشر الخرائط بالهولندية أو اللاتينية ولكنهم نشروا الخرائط بكل اللغات الأوربية الهامة في طبعات منفصلة .

وقد كان لموقع هولنده الممتاز بين كل القوى الرئيسية في أوروبا — إنجلترا وفرنسا وألمانيا — أثره في جعلها سوقا للتبادل التجاري فيما بينها . كما أن نشاطها البحري وتكوين مستعمراتها فيما وراء البحار بعد أن استتقت سهل عليها جمع المعلومات الدقيقة عن العالم . ولهذا فإن إزدهار المدرسة الهولندية في الخرائط كان بحق المصير النهائي للكارتوجرافيا التي ظهرت فيه أسماء مركيتور وأورتيليوس ودي جود وهنديوس و بلاذكيوس و بلو Bloueu وجانسون وغيرهم من صناع الخرائط .

ويمكن باستعراضنا بإيجاز لبعض أعلام المدرسة الهولندية أن نقبين السمات الأساسية للخرائط في هولنده .

## ١ - أورتيليوس : ( Ortelius )

وقد ولد أبراهام أورتيل Abraham Ortel الشهور باسم أورتيليوس في مدينة أنتورب سنة ١٥٢٧ وهو رسام أكثر منه كارتوجرافى . وقد درس اليونانية واللاتينية والرياضيات وفي سن العشرين اشتغل بتلوين الخرائط . وفي سنة ١٥٦٤ نشر خريطة للعالم في ثمانى لوحات ، وتبعها في سنة ١٥٦٥ بخريطة لمصر ، وفي سنة ١٥٦٧ بخريطة كبيرة لآسيا على لوحتين . وفي سنة ١٥٧٠ ظهر إنتاجه العظيم « أطلس العالم كله Theatrum Orbis Terrarum » وظهور هذا الأطلس يمثل نقطة هامة في تاريخ الخرائط . فقد كان أول تجميع منظم لخرائط مختلف أقطار العالم على أساس دراسات معاصرة . بعيدا عن خرائط بطليموس ، ويمكن إعتباره على هذا الأساس أول أطلس حديث في العالم . وقد كان نشر هذا الأطلس نقطة بداية تحول صناعة الخرائط من إيطاليا إلى هولندا .

وقد مال هذا الأطلس شهرة كبيرة حتى لقد أعيد نشره أربع مرات في سنته الأولى ، كما أنه قد نشر ٤٢ مرة في الفترة ما بين سنة ١٥٧٠ وسنة ١٦١١ . وقد تم تصغير خرائطه ونشرت هذه الخرائط المصغرة ٣١ مرة في الفترة ما بين سنة ١٥٧٦ وسنة ١٦٩٧ . وكانت هذه النشرات تظهر باللاتينية والهولندية والألمانية والفرنسية والأسبانية والإنجليزية والإيطالية .

وقد احتوت الطبعة الأولى من هذا الأطلس التي صدرت في العشرين من شهر مايو سنة ١٥٧٠ على ٧٠ خريطة في ٥٣ لوحة . وقد أضيفت إلى هذه المجموعة عدة خرائط أخرى في خمس طبعات تالية في السنوات الآتية : ١٥٧٣ ( ١٧ خريطة ) ، ١٥٧٩ ( ٢٣ خريطة ) ، ١٥٨٤ ( ٢٣ خريطة ) ، ١٥٩٠ ( ٢٢ خريطة ) وفي سنة ١٩٥٥ ( ٢٣ خريطة ) . وقد اشتملت الطبعة الأولى من هذا الأطلس على خريطة للعالم وأربع خرائط للقارات و٢٦ خريطة لأوروبا و٦ خرائط لآسيا و٣ خرائط لإفريقية .

## ٢ - دي جود : ( De Gode )

ولد جيرار دي جود سنة ١٥٠٩ وبدأ إنتاجه في الخرائط في وقت مبكر . وبنذ سنة ١٥٥٥ قام بنشر خرائط كبيرة لمنطقة برابانت Brabant وخريطة للعالم ولأوروبا والبرنثال ،

ثم نشر في سنة ١٥٦٩ سلسلة من الخرائط لألمانيا . وقد دار في خلد دي جود أن ينشر أطلساً كبيراً ولكن أورتيليوس سبقه في التنفيذ . ورغم ذلك فقد نشر دي جود أطلساً أطلق عليه اسم Speculum Orbis Terrarum وذلك في سنة ١٥٧٨ .

وينقسم أطلس دي جود إلى قسمين رئيسيين : يشتمل القسم الاول منهما على ٢٧ خريطة لمختلف مناطق العالم ، أما القسم الثاني فيتكون من ٣٨ خريطة لاقليم الإمبراطورية الجرمانية . ولم يظهر من الطبعة الأولى سوى ١٢ نسخة . وقد فاقت خرائطه في بعض أجزائها خرائط أورتيليوس . وقد أعيد طبع الأطلس ونشره سنة ١٥٩٣ بمد أن راجعه ابنه كورنيليوس Cornelius وزاد خرائطه إلى ٨٣ خريطة .

٣ - مركيتور : ( Mercator )

ولد جبرار مركيتور - أ كبر كارنوجرافي بمد بطامبوس - في ٥ مارس سنة ١٥١٢ في مدينة ريبلموند Repelmonde . وفي سني عمره المبكرة بدأ في الاشتغال بالخرائط . وقدرسم قبل أطلسه الكبير مجموعة كبيرة من الخرائط المنفصلة بدأت في سنة ١٥٣٧ بخريطة لفلسطين ، وفي السنة التالية نشر خريطة للعالم . وفي سنة ١٥٤٠ نشر خريطة للفلاندرز ، وفي السنة التالية صنع كرة أرضية . وفي سنة ١٥٥٤ صنع خريطة كبيرة لأوروبا ثم خريطة لبريطانيا في ١٥٦٤ ثم خريطة للعالم في سنة ١٥٦٩ . وأخيراً أعاد نشر خريطة أوروبا معدلة في سنة ١٥٧٢ .



رسم تخطيطي لخريطة مركيتور للعالم ١٦٦٥م

وفي سنة ١٥٨٥ ظهر أعظم إنتاج مركيتور وهو الجزء الأول من أطلسه العظيم . وقد ظهرت كلمة أطلس Atlas لأول مرة في هذا الإنتاج حيث قصد بها مركيتور مجموعة خرائط وقد تقبلها كل الجغرافيين فيما بعد . وقد قسم الأطلس إلى ثلاثة أجزاء اشتمل الجزء الأول منها على ٥١ خريطة لفرنسا وبلجيكا وألمانيا ، أما الجزء الثانى فقد ضم ٢٣ خريطة لإيطاليا واليونان ونشر هذا الجزء في سنة ١٥٩٠ ، أما الجزء الأخير فيتكون من ٣٦ خريطة ونشر في سنة ١٥٩٥ . وقد أعيد نشر هذا الأطلس ابتداء من سنة ١٥٨٥ حتى سنة ١٦٤٢ سواء بأجزائه الثلاثة أو لجزء منها خمسين مرة .

ولم يحرز أطلس مركيتور شهرة كبيرة في حياته بسبب أطلس أوردنيلوس الذى ظهر كاملا مرة واحدة بمكس أطلس مركيتور الذى ظهر على أجزاء اعتبر كل جزء منها أطلسا صغيرا لمنطقة معينة من العالم . ولم ينل الأطلس شهرة عظيمة إلا خلال القرن السابع عشر ، بعد أن اشترى هندیوس لوحات الطباعة من مركيتور ، وأعاد نشر الأطلس مرة واحدة بعد أن أضاف إليه ٣٦ خريطة جديدة .

#### ٤ — هندیوس : ( Hondius )

ولد جودوكس هندیوس في سنة ١٥٦٣ ، وهاجر إلى لندن وهو في سن الثامنة والثلاثين حيث عمل بصناعة حفر الخرائط ، ثم عاد إلى امستردام سنة ١٦٠٠ . وقد نشر في سنة ١٦٠٦ نسخة رائمة من أطلس مركيتور بعد أن أضاف إليه ٣٦ خريطة كما ذكرنا . وقد توفي هندیوس في سنة ١٦١١ وتابع ابنه هنرى Henry عمله في نشر وتجديد أطلس مركيتور — هندیوس . وفي سنة ١٦٣٥ ظهر اسم جانسون Jan Jansson بجوار اسم هنرى هندیوس في الطبعة الأخيرة من الأطلس .

#### المدرسة الفرنسية في عصر النهضة :

وصلت دلائل النهضة الكبرى إلى فرنسا في منتصف القرن السادس عشر . وقد إقتصرت جهود الفرنسيين في البداية على خرائط بورتولانو البحرية التي اعتمدت على أرصاد بحارة الهافر Le Havre وديب Dieppe ، لا سيما دليتز Desliens ( ١٥٤١ ) وديسلير Desceliers ( ١٥٤٦ ) وفالار Vallard ( ١٥٤٧ ) .



ولكن أشهر صنّاع الخرائط في فرنسا في القرن السادس عشر هو أورنس فين Oronce Fine الذي ولد في بريانسون Briancon في سنة ١٤٩٤ . وقد نشر في سنة ١٥١٩ خريطة للعالم أهداها للملك فرنسيس الأول . ورسم في سنة ١٥٣١ خريطة أخرى للعالم على مسقط مختلف ونشرت هذه الخريطة في باريس في سنة ١٥٣٢ ، وأعيد نشرها عدة مرات حتى لقد استخدمها مركيتور نفسه فيما بعد .

وظهرت أول سلسلة خرائط عن أقاليم فرنسا المختلفة في أطلس Theatrum أورنليوس في ١٥٧٠ حيث ظهرت سبعة أقاليم فرنسية زادها أورنليوس في سنة ١٥٧٩ إلى عشرة . كما نشر دي جود في أطلسه في سنة ١٥٧٨ سبع خرائط لفرنسا .

وكل هذه الخرائط كانت الأساس الذي أنشأ عليه موديس بوجيرو Bouguereau أول أطلس فرنسي في تور Tours في سنة ١٥٩٤ تحت عنوان Le Théâtre Francois . وكان هذا الأطلس هو الأساس الذي اعتمدت عليه الأطالس الفرنسية التالية وكذلك أطلس ساكستون Soxtton في إنجلترا .

وقد أعاد جون لوكلارك Le Clerc نشر خرائط بوجيرو بعد تنقيحها تحت عنوان Théâtre géographique du Royaume de France . وقد قام ملشيور تافرنير Tavernier في سنة ١٦٣٤ بنشر أطلس بالعنوان السابق ذاته .

وقد بدأ القرن السابع عشر في فرنسا بخريطة دقيقة كبيرة لفرنسا رسمها فرانسوا جيوثير Juillotiere ، وأهداها للملك لويس الثامن في سنة ١٦١٢ أو ١٦١٣ .

وبحلول القرن السابع عشر بدأت نهضة المدرسة الفرنسية في الخرائط بواسطة نيقولا سانون Nicolas Sanson الذي أسس ما عرف باسم « المدرسة الفرنسية » في الخرائط والذي جعل مركز إنتاج الخرائط في العالم ينتقل منذ منتصف القرن السابع عشر — من هولندة إلى فرنسا حيث سادت تعاليم المدرسة الفرنسية حتى نهاية القرن الثامن عشر .

وقد ولد نيقولا سانسون في مدينه أبفيل Abbeville في سنة ١٦٠٠ . وقد واصلت أسرة سانسون حمل رسالته في الخرائط فقد تبعه أبناؤه الثلاثة : نيقولا وجيوم وأدريين ،

وكذلك زوج ابنته بير دو فال Duval ، وحفيده Gilles Robert de Vougonly وابن حفيده Didier Robert de Vougonly ، وهي أشهر أسرة عملت في الخرائط على الإطلاق .

وقد نشرت هذه الأسرة مجموعة كبيرة من الأطالس وخرائط الطرق والأنهار في فرنسا ومجموعة كبيرة من الخرائط التاريخية . وقد ظهر بجانب هذه الأسرة اسم آخر هو ألكس هويير جايو Jaillot الذى قام بשרاء لوحات الأطلس من جيسوم سانسون وأضاف إليها التعديلات التى رأى إدخالها عليها .

وبوجه عام فقد شابهت خرائط آل سانسون الخرائط الهولندية ولكنها فاقتها من الناحية العلمية .

### المدرسة الإنجليزية فى عصر النهضة :

ظهرت فى إنجلترا خلال حكم الملكة اليزابيث بعض الجهود الكارتوجرافية الملحوظة . وقد شابهت الخرائط الإنجليزية فى هذا العصر الخرائط الهولندية . ورائد الكارتوجرافيا الإنجليزية فى تلك الفترة هو كريستوفر ساكستون Christopher Saxton الذى كان أهم إنتاجه أطلس لإنجلترا نشر فى سنة ١٥٧٩ .

وقد ظهرت خريطة هامة للعالم اعتمدت غالبا على كتاب إدوارد رايت Edward Wright بعنوان « Certain Errors of Navigation » الذى كان بمثابة ثورة فى العلوم البحرية ، وقد رسمت هذه الخريطة على أساس مسقط من كيتور .

وفى سنة ١٦٤٦ نشر السير روبرت دادلى Dudley أول أطلس بحرى فى إنجلترا بعنوان Arcano del Mare وقد طبع فى إيطاليا .

ومن الخرائط التى تثير الانتباه خرائط جون اوجلفى Ogilvie فقد نشرت على شكل أطلس للطرق ولم تستخدم هذه الطريقة فى بريطانيا قبل ذلك إلا فى خريطة ماتيو بارى Matthew Paris خلال الحروب الصليبية .

وفى نهاية القرن السابع عشر ظهر فى بريطانيا اسمان عظيمان هما الكاشن جرينفيل كولنز Greenvile Collins الذى نشر مجموعة كبيرة من الخرائط البحرية ( ٤٨ خريطة ) لإنجلترا

نحت عنسوان Great Britain's Coasting Pilot في سنة ١٦٩٣ ، وأدموند هالي Edmond Halley الذي كان أول من اخترع الخرائط التيورولوجية إدا قام بنشر أول خريطة متيورولوجية في سنة ١٦٨٨ .

### الخرائط الأوربية في القرن الثامن عشر :

بدأت المدرسة الهولندية في الخرائط تأخذ طريقها نحو الانحدار بينما انتقل مركز الخرائط الى فرنسا في القرن الثامن عشر ويرجع اختلاف السمات الأساسية بين هاتين المدرستين الى الاختلاف في المظاهر الثقافية للفريقين اللذين ازدهرت فيهما الخرائط .

فقد كان الدافع لصناعة الخرائط في هولاء هو الربح ونتيجة لهذا تميزت صناعة الخرائط فيها بالسرعة والاهتمام بالشكل ، وقد دعت سرعة إنتاج الخرائط الى استخدام الواح الطباعة القديمة بدلا من استخدام الواح جديدة تضاف اليها باستمرار كل الكشوف الجغرافية التي توات في هذه المرة . أما القيام بدراسات نقدية وأعمال مساحية واسعة فلم يكن أمرا مربحا .

أما صناعة الخرائط في فرنسا فقد كانوا من طبقة لا تسمى الى الربح بل الى العلم إذ كان معظمهم من رجال البلاط الملكي أو أعضاء في أكاديمية العلوم ، فكان هدفهم الأساسي هو الشهرة العلمية وليس الربح المادي .

وقد ارتكزت الخرائط الجديدة على أجهزة جديدة . واكتمل نظام شبكات المثلثات وظهر في نهاية هذا القرن جهاز التيودوليت . في أن ، الأكاديمية الفرنسية أعادت تحديد الأطوال المستخدمة في القياس وأعيد على هذا الأساس رسم خريطة للعالم تعتبر من الملامح البارزة في تاريخ الخرائط في العالم . وقد رسمها كاسيني Cassini في سنة ١٦٨٢ وكان من نتيجتها أن ظهرت فرنسا أصغر مساحة مما ظهرت في خريطة سانسون ، حتى لقد لفت الملك لويس الرابع عشر نظر كاسيني الى أن هذه الخريطة قد أخذت من فرنسا أكثر مما أضافه الملك اليها خلال غزواته العديدة .

وأشهر صناعة الخرائط في بداية القرن الثامن عشر هو ديابل Guillaume Delisle وترجع شهرته الى بعض الأخطاء التي وقع فيها ونقلها عنه صناعة الخرائط فيما بعد كحقائق

مسلم بها ، فقد اختصر طول البحر المتوسط عن حقيقته وقام بتعديل خريطة كاليفورنيا فأظهرها على شكل جزيرة ، رغم أنها كانت قد ظهرت في خرائط ماركيتور ومعاصريه على شكل شبه جزيرة ، وإن كان قد عاد في سنة ١٧٠٠ وأظهرها على شكل شبه جزيرة بمدرحة الـاب كينو Kino إليها .

وأهم الاطالس التي ظهرت في تلك الفترة هو ذلك الاطلس الذي نشره جيل Gilles وديديه dier والذي اشتهر بمقدمته التاريخية التي اشتملت على تاريخ الجغرافية في ٣٣ لوحة . أما في إنجلترا فقد بدأ التوسع في إنتاج الخرائط في هذا القرن ، فقد أصبحت إنجلترا أقوى قوة بحرية في أوروبا . ومع زيادة سلطانها فيما وراء البحار وما تبعه من زيادة الثروة والرخاء ، زاد الطلب على الخرائط وأصبحت لندن مركزاً لصناعة الخرائط بما يفوق أمستردام ويناكس باريس . وإن كان بعض هذا التقدم راجع إلى هجرة بعض صناع الخرائط من باريس واستقرارهم في لندن .

والواقع أن الخرائط الإنجليزية لم تكن تختلف عن الخرائط الفرنسية في كثير من المظاهر بل إن الكثير منها قد نقل عن الفرنسية بشيء طفيف من التعديل أو بدون تعديل على الإطلاق .

ويشعر النصف الثاني من القرن الثامن عشر بحق العصر الذهبي للخرائط الإنجليزية ولا يمكننا هنا أن نستعرض تفاصيل الجهود الإنجليزية في هذه الفترة لضيق المجال ، فضلاً عن أن جهود الأمريكيين والإنجليز قد تداخلت في هذه الفترة التي كانت الخرائط الأمريكية فيها تطبع في لندن .

ولم تلق الخرائط الألمانية في هذا القرن عناية كافية ، إذ لم تكن هناك حكومة مركزية ، فقد كانت ألمانيا مقسمة إلى عدة ولايات صغيرة تتنازع بروسيا والنمسا للسيطرة عليها ، ولذلك فلم يهتم بشئون الخرائط الألمانية إلا بعض أمرائها . وقد انحصرت المنافسة في ألمانيا على يدين من بيوت الخرائط هما : هومان Homann في نورنبرج وساوتر Sautter في أوجسبورج Augsburg .

وفضلاً عن هذا فقد كانت هناك بعض محاولات فردية لإنشاء عدة خرائط لألمانيا لم ينشر معظمها وإنما حفظت على شكل مخطوطات في قصور ملوك بروسيا . وقد جمعت كل هذه الجهود الفردية في أطلس ضخيم نشره جيجر Jaeger في سنة ١٧٨٩ تحت عنوان : « Grand Atlas d' Allemagne »

أما إيطاليا فقد اهتم أمراؤها أيضاً بشئون الخرائط خلال هذا القرن . ويعتبر Rizzi Zannoni ( ١٧٣٤ - ١٨١٤ ) أكبر الأسماء التي ظهرت في إيطاليا خلال هذا القرن . وقد عمل في صناعة الخرائط في بولسدة وألمانيا وأجلترا وفرنسا قبل أن يستقر به المقام في بلاط نابلي .

### المدرسة الأمريكية في الخرائط :

بدأ الاهتمام بالخرائط الأمريكية منذ أن وضع كولبس قدمية في العالم الجديد . وقد صنعت الخرائط الأمريكية الأولى في عواصم الخرائط الأوروبية . ولكن أخذت فكرة صنع خرائط في العالم الجديد تظهر لتغطية حاجة المستعمرين الجدد إلى خرائط لهذه الأرض الجديدة . وتعتبر خريطة نيو إنجلند التي نشرها جون فوسنر John Foster في بوسطن في سنة ١٦٧٧ أول خريطة ترسم وتطبع وتنتشر في أمريكا . ورغم بساطتها التناهية فقد اعتبرت محاولة ناجحة ظهر فيها مدى اهتمام المستعمرين الجدد بشئون الخرائط .

ومن هذه الخرائط الأولية التي ظهرت في العالم الجديد تلك الخريطة التي نشرها بونر برايس Bonner - Price لمدينة بوسطن ( ١٧٢٢ ) والتي أعطينا طبعاتها مع التي ظهرت حتى سنة ١٧٦٩ فكرة عن تطور المدينة .

وكان طينينيا أن تقوم نهضة الخرائط الأمريكية على عائق المستعمرين الأوروبيين قبل أن يستقل الأمريكيون بشئون بلادهم . حتى لقد أصبحت « الخرائط الاستعمارية Colonial Cartography ( أي التي قامت نتيجة جهود المستعمرين ) مرحلة متميزة في تاريخ الخرائط الأمريكية .

وقد بلغت جهود المستعمرين أوجها في منتصف القرن الثامن عشر . وأهم خريطة ظهرت في تلك الفترة هي الخريطة التي نشرها لويس إيفانز L. Evans تحت عنوان The Middle British Colonies 1755 . وقد قام جيمس ترنر J. Turner بحفر هذه الخريطة على النحاس حيث ضارعت في دقتها كل الخرائط الأوروبية المعاصرة لها . وأعيد نشر خريطة إيفانز ٢٦ مرة وقد أثرت في معظم الخرائط الأمريكية التالية لها .

وتعتبر خريطة جون ميتشل J. Mitchell التي نشرها في سنة ١٧٥٥ « للمستعمرات

البريطانية والفرنسية في أمريكا الشمالية «جهداً رائعاً يقف على قدم المساواة مع خريطة ايفانز . وقد طبعت هذه الخريطة في لندن . وترجع أهميتها إلى أنها قد استخدمت في مؤتمر السلام في باريس في سنة ١٧٨٣ حيث تم تخطيط حدود الجمهورية الجديدة عليها ، فقد كانت هذه الخريطة مليئة بالتفاصيل .

وفي خلال ربع القرن الذي تلى قيام الثورة قام الجيش البريطاني بعمل مجموعة كبيرة من الخرائط التمهيدية . كانت بمثابة الأساس الذي قامت عليه الخرائط الأمريكية فيما بعد . وقد نشر بعض هذه الخرائط في لندن فيما بعد بينما بقي معظمها مخطوطاً .

وفي هذا الوقت الذي تم فيه توقيع معطم ساحل المحيط الأطلنطي في سجل ساحل المحيط الهادي في أمريكا الشمالية في خرائط . ولكن اكتشاف مضيق بيرنج في سنة ١٧٢٨ ثم ألاسكا في سنة ١٧٤١ مكن من ظهور بعض التفاصيل في خريطة دليل — بواش - Dellisle Buache في سنة ١٧٥٢ . ولكن قبل نهاية القرن قامت الحكومة الإسبانية بمجهود كبيرة لاكتشاف كاليفورنيا ثم الساحل الشمالي الذي كان آخر الناطق التي استقرت فيها جموع المهاجرين من أوروبا .

وباستقلال الولايات المتحدة الأمريكية بدأ الاستقلال البطيء للخرائط الأمريكية عن نفوذ الأوربيين . وبدأت الولايات المكونة للدولة تهتم بإنشاء خرائط تفصيلية لها بمقياس رسم يتراوح بين بوصة لكل ميلين وبوصة لكل ثمانية أميال . ولم تعتمد هذه الخرائط على شبكة من الثلاثيات ( تتلافى تأثير ظهور كروية سطح الأرض على اللوحات المسطحة ) وإنما قامت على أساس الأجهزة المساحية العادية . أما الولايات الغربية فقد تمت مساحتها بسرعة كبيرة وبدقة قليلة تحت ضغط الحاجة إلى المزيد من الخرائط لمواجهة حركة التعمير بها .

وتعتبر خريطة جون فيتش Fitch أول مجهود خاص لإنشاء الخرائط ، فقد قام بنشر خريطة للولايات الشمالية الشرقية . كما قام آبل بويل Abel Buell بنشر خريطة للولايات المتحدة الأمريكية ( ١٧٨٩ ؛ ) كانت أول خريطة يرسمها ويحفرها ويطبعمها وينشرها أحد رعايا الولايات المتحدة الأمريكية . كذلك كان أول أطلس نشر في الولايات المتحدة هو أطلس The American Pilot الذي حفر خرائطه على النحاس جون نورمان Norman في سنة ١٧٩٢ وقد تضمن خرائط الساحل الأطلنطي للولايات المتحدة .

وقد حاول كثير من الناشرين بعد ذلك إنشاء أطالس على نمط هذا الأطلس . فنشر ماثيو كاري Maltheu Carey في سنة ١٧٩٤ أطلسا في كاليفورنيا وأعيد نشره في سنة ١٨٢٢ . وتميزت كل هذه الأطالس بصغر حجمها فضلا عن أن اللوحات الخاصة بالأقطار غير الأمريكية قد نقلت من الخرائط الأوروبية .

وبحلول الربع الثاني من القرن الماضي بدأت هذه الجمهورية الوليدة تدعم استقلالها السياسي والثقافي أيضا . وقد زاد الطلب على الخرائط بشكل لم يسبق له مثيل . فقد كانت حدود الدولة تتقدم عاما بعد عام وتوالى إنشاء الطرق والخطوط الحديدية وشق القنوات وأصبحت الحاجة إلى الخرائط ماسة . فتصافرت جهود الحكومة الاتحادية والولايات والجيس والبحرية على إنشاء خرائط دقيقة وتفصيلية لمختلف أجزاء الدولة ، لقد اعتبرت هذه الفترة بحق العصر الذهبي للخرائط الأمريكية .

وظلت فيلادلفيا مركز صناعة الخرائط خلال هذه الفترة ، ولكن شاركها في هذا الإهتمام مدن نيويورك وبوسطن وبلتيمور أيضاً . وقد نشر في خلال سنتين ( ١٨٢٢ — ١٨٢٤ ) ما لا يقل عن سبعة أطالس كبيرة بلغ بعضها القمة في الإخراج الفني ، وقد خات خرائطها من الداخل من أية رسوم زخرفية كما استخدم الماشور في تمثيل الجبال .

وظهر خلال هذه الفترة اسم هنري نانر Tanner كأعظم كارتوجرافي في الولايات المتحدة وقد نشر أطلسا ممتازا في سنة ١٨٢٣ بعنوان New American Atlas جمع فيه كل الخرائط التي أصدرتها الحكومة الاتحادية والولايات بعد تصغيرها إلى مقياس مناسب ، ثم أضاف إليها مجموعة أخرى من الخرائط رسمها بنفسه ورأى أن يكمل بها أطلسه . وقد أضاف إليه ملحقات بعنوان Memoirs تلخص فيه كل أعمال الكشف والمساحة والخرائط في الولايات المتحدة .

وبتوالى الكشف الجغرافية في القارة ذاتها ظهرت خرائط جديدة لمنطقة الحوض العظيم في غرب القارة والتي نشرها بونفيل Bonneville من سنة ١٨٣٢ إلى ١٨٣٥ ، كما أن وولكر J. P. Walker قام في سنة ١٨١٠ بنشر خريطة يوضح فيها ثلاثة أنهار تنحدر من جبال روكي وقد ظهر في خريطته جزء من الساحل الغربي لكاليفورنيا .

وفي النصف الاول من القرن الماضي ظهر اختراع جديد غير كل النظم المستخدمة في

إنتاج الخرائط . فقد اخترعت الطباعة الليثوغرافية فى ألمانيا فى سنة ١٧٩٨ وأصبحت هى الوسيلة الرئيسية لإنتاج الخرائط . وأول من استخدم هذه الطريقة الحديثة فى الولايات المتحدة كان وليام بندلتون W. Pendleton فى بوسطن ( ١٨٢٧ ) .

وبانتشار الطباعة الليثوغرافية بدأ صنائع الخرائط فى الولايات المتحدة نشر أطالس للمقاطعات County Atlases وقد ظهرت أول الامر فى نيويورك فى بداية العقد السادس من القرن الماضى على يد وليام ستىوارت W. Stewart ثم انتقلت من نيويورك الى فيلادلفيا وشيكاغو . وقد ظلت هذه الاطالس تظهر حتى بداية هذا القرن ، ولكن بتقدم الصناعة وتطور المدينة Urbanization فقدت هذه الاطالس قيمتها .

وقد برز فى النصف الثانى من هذا القرن اسم هنرى والنج H F. Walling كأعظم كارتوجرافى أمريكى . وقد نشر والنج الذى كان يعمل أستاذا للهندسة فى كلية لافاييت Lafayette College أكثر من عشرين أطلساً للولايات الأمريكية .

وقام الجيش الأمريكى منذ منتصف القرن التاسع عشر بإرسال البعثات المتتالية لمسح المناطق الواقعة غرب روكى . وقد توصلت هذه البعثات إلى نتائج عظيمة رغم تهديد الهنود الجر لهم باستمرار . ولكن قيام الحرب الأهلية أوقف هذه الجهود بصفة مؤقتة . وقد قام أربعة<sup>(١)</sup> من كبار المساحين بوضع خرائط لثلاث الآلاف من الأميال المربعة فى الغرب . ولكن — رغم جهودهم العظيمة — ثبت عدم قدرة الجهود الفردية على وضع خرائط تفصيلية لغرب الولايات المتحدة . ومن هنا ولدت الحاجة إلى إنشاء هيئة رسمية تتولى أعمال الخرائط فأُنشئت فى سنة ١٨٧٨ المساحة الجيولوجية U. S. Geological Survey التى تتولى جميع شئون الخرائط فى الولايات المتحدة .

واتسع نطاق الخرائط الأمريكية فى القرن العشرين لا سيما بعد التوسع فى استخدام المساحة الجوية التى سهلت موضوع إنشاء خرائط تفصيلية دقيقة للمناطق المتخرسة . واتسعت الأغراض التى استخدمت فيها الخرائط فظهرت خرائط للتربة وخرائط للطقس والمناخ ولجميع فروع العلم .

---

(١) هؤلاء الأربعة هم : King — Wheeler — Powell — Hayden .



وقد أنشئت الجمعية الجغرافية الأمريكية بنيويورك في سنة ١٨٥٢ ، وتولت إنتاج مجموعة من الخرائط الدقيقة . وأعظم ما قامت به هو نشر نصيب الولايات المتحدة من خريطة العالم المليونية ( التي سنذكر تفاصيل تطور إنتاجها فيما بعد ) ، كما لا يمكن إنكار جهود الجمعية الجغرافية القومية في واشنطن في إنشاء العديد من الخرائط .

### الخرائط في العصر الحديث :

تميزت صناعة الخرائط منذ بداية القرن التاسع عشر بظاهرتين أثرتا في تقدم الخرائط : الأولى هي القيام بمهمات مساحية منظمة تتعرف عليها الحكومات . وقد تركزت هذه العمليات في فارة أوروبا ، وبعض بلدان آسيا مثل الهند واليابان وجزر الهند الشرقية ، وكذلك في الولايات المتحدة وكندا ومصر . ورغم ذلك فقد سارت هذه الجهود ببطء شديد وظلت مناطق كثيرة من سطح الأرض تفتقر إلى خرائط متوسطة المقياس . وفي هذه المناطق اعتمد صناع الخرائط على جهود بعض الهيئات غير الرسمية ، مثل هيئات السكك الحديدية وشركات النقل البري وشركات التعدين ، وغيرها من الهيئات التي اضطرت إلى القيام ببعض الأعمال المساحية الضرورية لها ، كما أن المساحة الجوية السريعة ساعدت — ولاسيما خلال الحرب العالمية الثانية — على سد هذا الفراغ بصورة جزئية .

أما الظاهرة الثانية التي تميزت بها الخرائط في هذا العصر فهي ذلك التوسع الكبير في إنشاء الأطالس والتوسع في استخدام الخرائط لخدمة الجغرافية الطبيعية والبشرية ، وكذلك الاستفادة من الخرائط في مجال الحكم والإدارة .

ويرجع هذا التقدم في إنتاج الخرائط بصفة أساسية إلى التحول من طباعة الخرائط على أساس الحفر على النحاس إلى الطباعة الليثوغرافية الملونة التي سهلت توقيع التفاصيل العديدة بشكل واضح للغاية .

وقد تقدمت أعمال المساحة كثيرا وتم تحديد شكل الأرض الصحيح ، وهو أن الأرض تأخذ شكل شبه كرة مفرطحة عند القطبين . وحدد الاتحاد الدولي للجيوديسيا في سنة ١٩٢٤ طول نصف قطرها الأكبر بـ ٦٣٧٨٣٨٨ كيلومترا وأن نسبة التفرطح تبلغ ٢٩٧/١ . وكان تحديد شكل الأرض مدعاة لإعادة تحديد تقطع الثلاثينات وما تبع ذلك من تصحيح دقيق للخرائط العالمية .

وقد ساهم التقدم الكبير الذى طرأ على أجهزة المساحة فى العصر الحديث على زيادة تقدم الخرائط ودقتها بدرجة لم يسبق لها مثيل ، فتطورت أجهزة التيودوليت بدرجة كبيرة واتسع نطاق استخدام الأجهزة التى تتولى بنفسها جميع العمليات الحسابية Self Reading Instruments فى المساحة التكمومترية . كما أن اختراع اللاسلكى سهل مشكلة تحديد خطوط الطول وهى النقطة التى كان يصعب قياسها بدقة فى الخرائط القديمة . فأصبح من السهل تحديد خط طول أى منطقة عن طريق استقبال إرسال جرينتش ومقارنته بالتوقيت المحلى .

ولكن التطور العظيم الذى طرأ على أجهزة المساحة كان استخدام المساحة الجوية و إنشاء الخرائط . ففى سنة ١٨٥٨ ثبتت أهمية الصور الرأسية المأخوذة من البالونات ، ولكن قلل من هذه الأهمية صعوبة الحصول على البالونات تقسماً فى كثير من الأحيان . وقد ظهر استخدام جديد للمساحة الفوتوجرامترية من الأرض عن طريق أجهزة التيودوليت المصورة لاسيما فى كندا . ولكن الحرب العالمية الأخيرة دفعت المساحة الجوية إلى الأمام وتمت خلالها — لكثرة استخدام المساحة الجوية فى سد حاجة الجيوش المتحاربة الملحة إلى الخرائط السريعة والدقيقة — تحديد أسس المساحة الجوية .

وفى خلال الحرب العالمية الثانية تمكنت المساحة الجوية فى الولايات المتحدة الأمريكية U. S Aeronautical Chart Service مثلاً من مسح منطقة تبلغ مساحتها ١٥ مليون ميل مربع أى ما يزيد على ربع سطح الأرض وذلك باستخدام أجهزة التصوير المتعددة العدسات Trimetrogon cameras بمقاييس رسم صغيرة .

ولقد تشعبت مجالات الخرائط فى العصر الحديث وتعددت أنواعها والهيئات العالمية التى تنتجها والأغراض التى تستخدم فيها . ولكننا فى هذا العرض الموجز لتاريخ الخرائط فى العالم سنقتصر على موضوعين نعتقد أنهما من أهم ملامح الخرائط فى العصر الحديث ، ونقصدهما : تطور نظام الأطالس وخريطة العالم المليونيه .

#### ١ — تطور نظام الأطالس :

لقد تطور استخدام الأطالس وإنتاجها فى العصور الحديثة تطوراً كبيراً . ولازم التأكيد

على أهمية الخرائط نشأة الجغرافيا الحديثة في ألمانيا . فقد أكد كل من هامبولت وريتير مؤسس علم الجغرافيا الحديث أهمية الخرائط في فهم توزيع الظواهر المختلفة على سطح الأرض . وأكد هامبولت على وجه الخصوص أنه يمكننا الوصول إلى حقائق عظيمة الأهمية من مجرد تحليل خرائط دقيقة الصنع . ولقد صاحبت أعماله العظيمة في العالم الجديد مجموعة من الخرائط نشرت في سنة ١٨١٢ تحت اسم *Atlas Géographique et Physique* ويمود إليه في هذا الأطلس بدء استخدام خطوط الحرارة المتساوية *Isotherms* كما أنه حدد فيه لأول مرة مدى امتداد النباتات وغيرها من الظواهر الطبيعية .

وقد واصل الأميذه من بعده هذا النشاط بحماس بالغ لاسيما المؤسسة التي أنشأها بوسنس : *Justus Perthes* في جوتة . ووضع أحد هؤلاء الأتباع وهو أودلف ستيلر *A. Stieler* بعد تجربة طويلة خطة كبيرة لوضع أطلس عام .

وظهر في سنة ١٨١٧ الجزء الأول من الأطلس المشهور « *Hand Atlas* » الذي تم إعداده تحت إشراف ولهم *Wilhelm* ابن يوستنس برنس . واستغرق العمل في التحسين خريطة التي ظهرت أولا سن سنوات كاملة ، ولكن استمرت عملية إضافة الخرائط إليه حتى ظهر كاملا لأول مرة في سبعين خريطة في سنة ١٨٣٠ . وفي خلال مائة سنة ظهر من هذا الأطلس عدة طبعات كان أعظمها الطبعة الدولية التي ظهرت في سنة ١٩٣٠ .

وقد لفتت شهرة برس انظار هنريسن *Berghaus* الذي أنشأ مدرسة للخرائط في بوتسدام وضم إليه بعض الرجال المشهورين من أمثال اوجست بترمان *Petermann* . وكان من نتيجة تعاونهم ظهور « *Physikalischer Atlas* » الذي هدف أن يوضح بيانيا الطواهر المعنوية وغير المعنوية ونوزيعها على سطح الأرض وغيرها من المسائل التي أثارها هامبولت . وقد ظهر هذا الأطلس لأول مرة في سنة ١٨٣٨ وأعيد نشره بعد مراجعة خرائطه وتنقيحها في سنة ١٨٥٢ . وقد تكونت النسخة الأخيرة من أربعة أجزاء تضم ٩٤ خريطة تعالج موضوعات : الطقس والمناخ والجيولوجيا والمغناطيسية الأرضية والجغرافية النباتية والانثروبولوجيا والإنوجرافيا ؛ كل ذلك بالتفصيل ولكن في حدود البيانات الناقصة التي لم يتوافر لديهم غيرها في ذلك الوقت .

ولم يقتصر أمر هذه الجهود العالمية على صناعات الخرائط في ألمانيا فحسب بل قامت بينهم وبين الإنجليز منافسة كبيرة . تحاول أحد صناعات الخرائط في بريطانيا وهو الكسندر كيث جونستون Johnston أن ينشر أطلسا بريطانيا يضارع أطلس برجوز الألمانى . وقد بدأ فى اتخاذ الترتيبات لإصدار هذا الأطلس بالاستفادة من المادة التى استعملها برجوز ولكن بشروع التعاون هذا فشل فقرر جونستن العمل مستقلا عن الألمان . والقول بأن أطلس جونستن بعنوان « Physica Atlas » هو نسخة إنجليزية من الأطلس الألمانى قول يجانبه الصواب .

وكان من نتيجة العلاقات المتبادلة بين الخرائط الألمانية والبريطانية أن ذهب بترمان الى إدنبره أولا كمساعد لجونستن ثم استقل بنشر الخرائط فى لندن فى سنة ١٨٤٧ . ونظرا لترده الدائم على الجمعية الجغرافية الملكية فى لندن فقد تعرف على كثير من الرحالة الذين حابوا أنحاء القارات فعمل على ضم شركة برتس فى جوته اليه لنشر كل مآضاه هؤلاء الرحالة من معلومات .

ولقد عاصر كل من جون بارثولوميو John Bartholomew الاب والإبن كل من بترمان وجونستن . وقد أنشأ بارثولوميو طريقة استخدام الدرجات اللونية فى الخرائط متوسطة المقياس ، فضلا عن أنه وضع مشروعا لوضع أطلس طبيعى « Physical Atlas » ضخما يلخص معارف الجغرافيين فى نهاية القرن الماضى . وفى سنة ١٨٩٩ ظهر الأطلس التبيورلوجى « Atlas of Meteorology » على أساس أنه يمثل الجزء الثالث من الأطلس المذكور وقد تضمن أكثر من ٤٠٠ خريطة تغطى كل عناصر الطقس والمناخ ، وتبعه فى سنة ١٩١١ الجزء الخامس من الأطلس بعنوان « أطلس جغرافية الحيوان » « Atlas of Zoogeography » ، ولكن لم تظهر أجزاء أخرى سوى هذين الجزئين .

فضلا عن هذه الأطالس العالمية ظهرت فى بعض الدول أطالس محلية . وأقدم هذه الأطالس هو ذلك الأطلس الذى نشره بارثولوميو فى سنة ١٨٩٥ لاسكتلنده لحساب الجمعية الجغرافية الاسكتلندية . وكذلك أطلس فنلنده الذى ظهرت طبعته الاولى فى سنة ١٨٩٩ والذى كان يهدف — كما جاء فى مقدمته — الى تعريف الفنلنديين ببلادهم . كذلك ظهر أطلس عن كندا فى سنة ١٩٠٦ وأطلس عن فرنسا « Atlas de France » الذى طبعه القسم الجغرافى بالجيش الفرنسى Service Géographique de L'armée ونشر فى سنة ١٩٣٦

الأطلس الذى أعده بيكر O. E. Baker فى ثلاثين عاما بعنوان « Atlas of American Agriculture »

أما الأطلس الذى نشر فى الاتحاد السوفيتى بعنوان « The great Soviet Atlas of the World » فقد جمع بين الأطالس العالمية والمحلية ، إذ ضم الجزء الأول الذى صدر فى سنة ١٩٣٧ الخرائط المتعلقة بالعالم وبالاتحاد السوفيتى بصفة عامة ، أما الجزء الثانى (١٩٣٩) فقد أبرز التفاصيل الدقيقة للوحدات السياسية والإدارية وكذلك الجغرافيا الطبيعية والاقتصادية للاتحاد السوفيتى ،

ولا يوجد أطلس محلى لبريطانيا ، ولكن هناك محاولة حديثة تشرف عليها لجنة من الجمعية الجغرافية لوضع مثل هذا الأطلس، ونواة هذا المشروع هى خرائط ١/٦٢٥٠٠٠ التى صنفها وزارة التخطيط وطبعها المساحة البريطانية .

## ٢ - خريطة العالم المليونية :

ظهرت فكرة وضع خريطة واحدة بمقياس رسم ١/١٠٠٠٠٠٠ لأول مرة فى برن بسويسره فى سنة ١٨٩١ حينما اقترح البرخت بنك A . Penck أستاذ الجغرافية بجامعة فينا على المؤتمر الجغرافى الدولى الخامس فكرة هذه الخريطة . وقد واجهت المؤتمر ثلاثة مشا كل رئيسية حاول إيجاد حل لها .

(١) إن تقسيم سطح الأرض إلى عدد من اللوحات كل منها مرسومة بنفس مقياس الرسم ويفضل أن تكون بنفس المسقط يستدعى أن يكون المسقط المستخدم يسهل عملية ضم اللوحات لبعضها بحيث تغطيها فى النهاية خريطة دقيقة لكرتنا الأرضية مصغرة عنها مليون مرة .

(ب) حاول المؤتمر التقليل من التشويه الذى سيتعرض له الشكل الكروى للأرض عند إسقاطه على اللوحات المسطحة إلى أدنى حد ممكن .

(ج) تحديد مواصفات فنية موحدة تتبع فى رسم جميع اللوحات .

وقد دارت مناقشات عنيفة في هذا المؤتمر وتأجل الموضوع إلى المؤتمر التالي في لندن سنة ١٨٩٥، وفي ذلك الوقت شكل المؤتمر لجنة تمثل عشر دول تتقدم باقتراحها لحل هذه المشكلات الثلاث. واختارت اللجنة من بينها ثلاثة علماء من سويسره برئاسة أدوارد بروكنر Brückner لتضع تقريراً عن المشروع .

وقد نوقش تقرير بروكنر في المؤتمر الجغرافي الدولي السادس ، ورغم أن بروكنر وضع إجابات كافية لكل ما أثير في أثناء مناقشات المؤتمر السابق إلا أن اعتراضات كثيرة — كان الدافع وراء معظمها سياسياً — أخرت إقرار المشروع .

وقد ذهب بنك بنفسه في سنة ١٩٠٤ إلى واشنطن وأثار مرة أخرى موضوع الخريطة، ولكن الجو هذه المرة كان أكثر استعداداً لتقبل المشروع والعمل على تنفيذ فكرته . فقد كانت هناك في هذا الوقت خرائط بمقياس ١/١٠٠٠٠٠٠ تغطي مساحة تبلغ ١٠٠٠٠٠٠٠ ميل مربع . وفي المؤتمر التاسع الذي عقد في جنيف في يوليو ١٩٠٨ تقدم العضو الأمريكي ديفيد دي David T. Day باقتراح بالعمل بسرعة على وضع مشروع الخريطة المليونية موضع التنفيذ . وعلى هذا الأساس قامت الحكومة البريطانية بتوجيه الدعوة إلى النمسا — المجر وفرنسا وألمانيا وإيطاليا واليابان وروسيا وأسبانيا والولايات المتحدة لكي ترسل مندوبين عنها إلى بريطانيا لوضع التفاصيل الفنية للمشروع . وعقد هذا المؤتمر في لندن في نوفمبر سنة ١٩٠٩ بحضور هذه الدول باستثناء اليابان حيث تم وضع الأسس الفنية للمشروع الذي أقرته فيما بعد ٣٤ دولة حضرت المؤتمر الجغرافي الدولي في باريس في سنة ١٩١٣ .

وقد اتفق على استخدام أحد المساقط المتعددة المخاريط Modified Polyconic والتي تسمح بضم اللوحات المتجاورة بدون تشويه على أن تغطي كل لوحة ما مساحته ٤ درجات عرضية ، ٦ درجات طولية مع ضم كل لوحتين في لوحة واحدة بعد خط عرض ٦٠° .

كما اتفق في هذا المؤتمر على أن يتم تمثيل تضاريس سطح الأرض بخطوط السكتور بفواصل رأسى ١٠٠ متر يزيد في المناطق الجبلية إلى ألف متر ، وتم تحديد الدرجات اللونية التي ستستخدم في هذا التمثيل الذي يجب أن يراعى تدرج تضاريس سطح الأرض ابتداء من جبال الهيمالايا حتى سهول إفريقية المنخفضة .

وقد اعتبر خط طول جرينتش هو خط الطول الأساسى بعد أن رفض المؤتمر فكرة جعل خط طول ٤° شرقا الذى يمر بألمانيا أو خط طول مدينة باريس كخط طول أساسى .

وتكتب الأسماء فى الخريطة المليونية تبعا لاسمها المحلى مع إضافة الإسم المشهور إذا كان هناك اختلاف بينهما . أما الظواهر المائية كالأنهار وخطوط السواحل والترع وغيرها فترسم باللون الأزرق . أما خطوط الكنتور فترسم على اليايس باللون البنى وعلى الماء باللون الأزرق .

أما مقياس الرسم فقد اتفق على أن تشمل الخريطة المليونية على ثلاثة مقاييس خطية : مقياس كيلومترى وآخر للاميال البرية وثالث للاميال البحرية ( ٢٠٣٨ر٤ ياردة ) بالإضافة إلى ذكر الكسر البيانى .

أما عن طريقة التنفيذ فقد حدد الاتفاق الهيئات التى ستقوم بإنتاج هذه الخريطة وهى مصالح المساحة فى كل دولة . وقد خص مصر سبع لوحات : الإسكندرية - القاهرة - الداخلة - أسوان - الموينات - وادى حلفا - جبل علبة .

ولكن توزيع العمل بين هيئات قومية مختلفة وعدم تركيزه فى هيئة دولية مركزية واحدة جعل تنفيذ المشروع يسير ببطء . حتى ان توقف الذى حدث فى سنة ١٩٣٩ بسبب الحرب كان قد تم تنفيذ ٤٠٥ لوحات من بين ٩٧٥ لوحة تغطى كل سطح الأرض . ولكن لم يتم النمط الدولى منها سوى ٢٣٢ لوحة . وقد ساعد على هذا التأخير عدم وجود خرائط تفصيلية لبعض مناطق العالم مما دفع بعض الهيئات الدولية إلى أن تنتج خرائط لإفريقية بمقياس ١ : ٢ مليون وخرائط لآسيا ١ : ٤ مليون .

وأعظم الهيئات العالمية التى تحملت عبء تنفيذ جزء عظيم من هذه الخريطة هى الجمعية الجغرافية الأمريكية تحت رعاية رئيسها آنذاك الأستاذ Bowman Isiah . فقد نشرت خرائط الولايات المتحدة بدقة كبيرة متبعة كل المواصفات التى وردت فى اتفاقية باريس بشأن الخريطة المليونية . وبعد أن أخذت الجمعية موافقة حكومات أمريكا الجنوبية بدأت فى القيام بأعمال مسحية استغرقت ٢٥ عاما بدأت سنة ١٩٢٠ وتمكنت فى سنة ١٩٤٥ من إتمام ١٠٧ لوحة من الخريطة المليونية .

## الفصل الثاني

### مقاييس الرسم

الخريطة عبارة عن تمثيل تفصيلي لسطح الأرض الكروي على لوحات مسطحة من الورق ، ولا بد من وضع معيار ثابت يمكن عن طريقه الحكم حكماً صادقاً على طبيعة العلاقة التي تربط بين الخريطة والمنطقة التي تمثلها تلك الخريطة . ويمكن الوصول الى تحديد المفهوم تلك العلاقة عن طريق مقياس الرسم . وترجع حاجتنا الى استخدام مقياس الرسم الى أنه لا يمكن رفع أى بعد من الطبيعة وبيانها على الخرائط بنفس الأطوال الحقيقية لهذا البعد ، ولذلك ترسم هذه الأبعاد بنسبة Proportion خاصة تمكننا من رسم المنطقة على الورق ، وتسمى هذه النسبة مقياس الرسم .

فمقياس الرسم إذن عبارة عن النسبة الثابتة بين الأبعاد الخطية الموجودة على الخريطة والأبعاد الأصلية المقابلة لها على الطبيعة .

وقبل البدء في رسم أية خريطة لابد من تحديد :

أ - المساحة المطلوب رسمها .

ب - مساحة اللوحة التي سترسم عليها الخريطة .

ج - مدى ما يراد إيضاحه من المعالم والتفاصيل .

وهناك نوعان أساسيان من مقاييس الرسم :

أ - مقاييس عددية Numerical scales

ب - مقاييس تخطيطية Graphical or Rod scales

وتنقسم المقاييس العددية الى نوعين أساسيين من مقاييس الرسم :

د - المقياس المباشر : Direct statement

وهو أبسط أنواع مقاييس الرسم . وفيه تذكر وحدة القياس على الخريطة وما يقابلها



على الطبيعة كتابة فيقال إن مقياس رسم الخريطة هو مثلاً : سنتيمتر لكل كيلو متر أو بوصة لكل ميل ، أى أننا إذا قلنا بقياس بعد بين نقطتين على خريطة ذات مقياس رسم سنتيمتر لكل كيلو متر ووجدناه يساوى ستة سنتيمترات فمعنى هذا أن البعد بين هاتين النقطتين يساوى ستة كيلو مترات على الطبيعة .

## ٢- مقياس الكسر البياني : Fractional scale

من عيوب المقياس المباشر أنه إذا كان مقياس رسم الخريطة محدداً على أساس المقاييس الفرنسية فإنه قد يصبح من الصعب على قارئ الخريطة الذى تعود على استخدام المقاييس الإنجليزية مثلاً أن يستفيد بمقياس الرسم فى قياس أية مسافات عليها ، وكذلك فى تغيير مقياس رسمها عن طريق تكبير الخريطة أو تصغيرها ، ولذلك فأننا نلجأ الى استخدام مقياس الكسر البياني .

والأساس الذى يقوم عليه إنشاء هذا النوع من مقاييس الرسم هو أنه مادامت الوحدات عند طرفي المقياس واحدة فإن حذفها لن يغير من حقيقة مقياس الرسم . فإذا قلنا إن مقياس الرسم هو سنتيمتر لكل كيلو متر أى ١ سنتيمتر لكل ١٠٠٠٠٠٠ سنتيمتر فإنه يمكننا أن نحذف تعريف وحدة القياس ونتركها مجردة أى ١ : ١٠٠٠٠٠٠ ولا يخفى أن طرفي المعادلة يمثلان وحدات قياسية من نوع واحد . فإذا قلنا إن مقياس الرسم هو ١ : ١٠٠٠٠٠٠ فمعنى ذلك أن كل سنتيمتر أو بوصة على الخريطة يقابلها على الطبيعة مائة ألف من نفس وحدة القياس .

وقد يظهر هذا النوع من مقاييس الرسم فى الخرائط على هيئة كسر بياني كأن نقول إن مقياس الرسم هو  $\frac{1}{1000000}$  ويعرف حينئذ بمقياس الكسر البياني Representative fraction أو قد يظهر على هيئة نسبة كأن نقول أن مقياس الرسم هو ١ : ١٠٠٠٠٠٠ . وحينئذ يسمى بالمقياس النسبي Proportional scale .

ويلاحظ أنه فى المقاييس العددية يحتاج الأمر دائماً الى إجراء عمليات حسابية لمعرفة المسافات على الطبيعة . فإذا وجدنا أن المسافة بين نقطتين على الخريطة هو عدد معين من السنتيمترات أو البوصات أو أجزائها فأننا نقوم بعمليات حسابية لمعرفة ما يقابل هذه المسافات

على الطبيعة بالكيلو مترات أو الاميال . ولكن لو أمكننا أن نحصل على ما يقابل هذه المسافات على الطبيعة مباشرة من واقع مقياس رسم الخريطة دون القيام بمليكات حسابية فلا شك أن هذا سيكون أكثر فائدة . ومن هنا كان استخدامنا للمقاييس التخطيطية .

وتنقسم المقاييس التخطيطية الى الأنواع الآتية :

#### المقياس الخطي : Line-Scale or plain-Scale

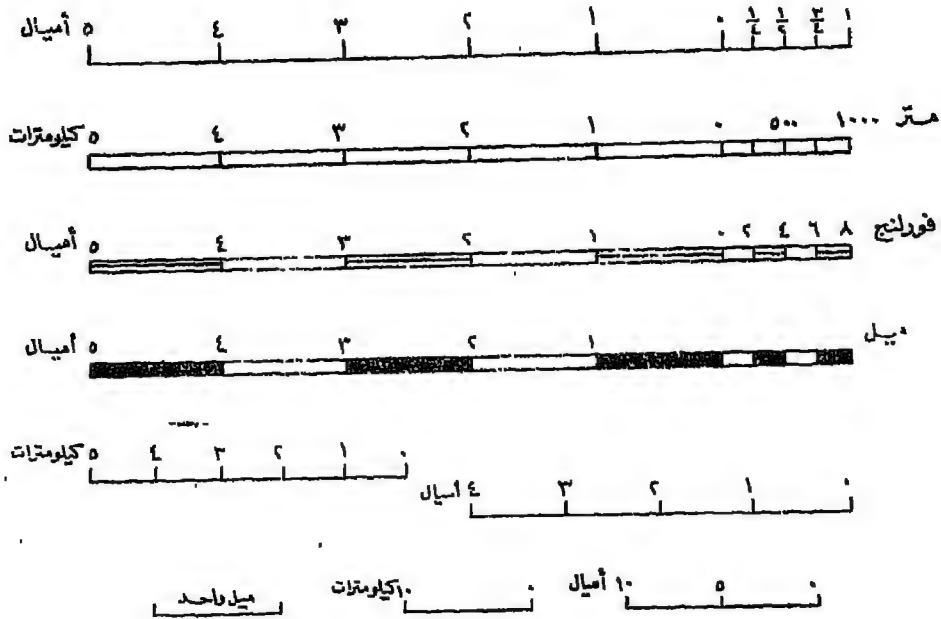
المقياس الخطي عبارة عن خط مستقيم مقسم الى وحدات قياسية متساوية قد تكون أميالا برية أو بحرية أو كيلو مترات أو مضاعفاتها أو أجزاء منها كالأمطار أو السنتيمترات أو الأقدام أو الياردات . . . الخ . وترفق معظم الخرائط بمقياس خطي يتراوح طوله عادة بين سنتيمتر وخمسة عشر سنتيمتراً أو حوالى ست بوصات وذلك تبعاً لمساحة الخريطة ومقياس رسمها .

وقد يكون للخريطة أكثر من مقياس خطي واحد كأن يكون لها مقياس كيلو مترى وآخر ميلى وثالث للأميال البحرية . أما فى الأطالس فنجد أن معظم الخرائط ذات مقاييس أحدها مقياس ميلى والآخر مقياس كيلو مترى ، كما هو الحال فى خريطة العالم المليونية .

وتختلف الصورة البنيانية للمقياس الخطي من خريطة إلى أخرى . فقد يتكون المقياس من خط واحد يعبر عن وحدة قياسية واحدة قد تكون ميلاً أو عشرة كيلو مترات . وقد يزداد طول هذا الخط إلى عشرة سنتيمترات مثلاً ويقسم إلى وحدات قياسية كبرى مثل الميل أو الكيلومتر . وقد يضاف إلى المقياس جزء خاص بالوحدات الصغرى أيضاً مثل المتر أو الياردة أو القدم . وأحياناً يتكون المقياس الخطي من خطين متوازيين لا تكاد المسافة بينهما تزيد على ملليمتر واحد ، وتوضع خطوط التقسيم بين الخطين ، ولزيادة الايضاح يطمس قسم ويترك آخر على التوالى ، وقد يستبدل بالطمس التظليل أو مجرد خط رفيع بينهما .

والفروض أن يبدأ المقياس الخطي بالصفـر وينتهى بأكبر رقم نصل إليه تبعاً لطول هذا الخط ، ولا يـمكـس المقياس فى هذه الحالة سوى وحدات المقياس الرئيسية التى لا تقل عادة

عن الكيلومتر أو الميل . فلزيادة الدقة في قياس المسافات من الخريطة يجب ألا نبدأ المقياس الخطى بالصفر ، بل نضع صفر القياس بـمد بداية المقياس الخطى بوحدة قياسية رئيسية فتقع باقى الوحدات الرئيسية على يسار الصفر وتقع أجزاء تلك الوحدة على يمين الصفر .



مقياس الرسم الخطى فى صورته المختلفة

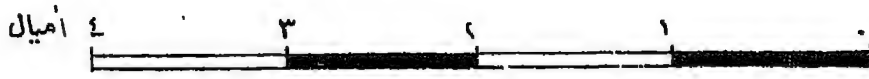
( شكل ١٤ )

وفائدة المقياس الخطى كما ذكرنا هو أنه يسهل لنا معرفة المسافات بين النقط المختلفة على الخريطة . ولمعرفة المسافة الحقيقية بين نقطتين على الطبيعة فإننا نقوم بقياس المسافة بينها على الخريطة [ بإحدى طرق القياس التى سنذكرها فيما بعد ] ثم نطبق هذه المسافة على المقياس الخطى المرافق للخريطة فنحصل على البعد الحقيقى بين النقطتين دون الحاجة إلى إجراء أية عمليات حسابية .

ولكن يجب أن نذكر مع المقياس الخطى للخريطة مقياس الرسم البيانى أيضا حتى يمكن الاستفادة به فى معرفة مساحة أية منطقة على الخريطة أو عند تحويل القياس الخطى الكيلومترى مثلا إلى مقياس خطى ميلى .

وتختلف أهمية المقياس الخطى من خريطة إلى أخرى ، فهو ضرورى فى خرائط التضاريس





مقياس خطي  
٦٣٣٦

( شكل ١٦ )

فإذا أردنا أن نحصل على قراءات أصغر من الميل فإننا نقوم بتحريك صفر البداية إلى اليسار وحدة قياسية رئيسية ، ثم نقسم هذه الوحدة إلى فورتلجات Furlongs مثلاً أو غيرها من أجزاء الميل .

٢ -- المقياس المقارن : Comparative scale

ذكرنا أن تجريد مقياس الرسم من تعريف الوحدة القياسية التي تلازمه يفضي على المقياس صبة عالية ويسهل استخدام الخريطة بين شعوب العالم مهما كانت طبيعة المقياس التي تعودت استخدامها .

هكذا وجدنا أن الالتجاء إلى استخدام مقياس رسم مجردة يسهل استخدام الخريطة ويمكن أن ينطبق هذا الكلام على المقياس الخطي الملحق بالخريطة . ولما كان تجريد المقياس الخطي من الوحدة القياسية أمراً مستحيلاً فإننا نلجأ إلى رسم أكثر من مقياس خطي واحد في الخريطة الواحدة ونطلق عليه اسم المقياس المقارن لأن المقياسيين يقارن كل منهما بالآخر .

وخريطة العالم المايونية لها ثلاثة مقاييس رسم خطية تقيس إلى ثلاثة أنواع من الوحدات الطولية هي الكيلومتر والميل البري والميل البحري . فهذه المقياس الثلاثة تعتبر مقياساً مقارناً لهذه الخريطة .

فإذا أردنا أن نرسم مقياساً خطياً مقارناً لخريطة مقياس رسمها ١ : ١٠٠٠٠٠٠ مثلاً فإننا نرسم خطاً بطول مناسب ونقسمه إلى عدة أقسام طول كل قسم منها سنتيمتر واحد يمثل كيلومتراً واحداً . وبعد ذلك نرسم المقياس الخطي الميل الذي نريد مقارنته بمقياس ١ : ١٠٠٠٠٠٠ السابق على النحو التالي :

كل ١٠٠٠٠٠٠ سنتيمتر على الطبيعة يقابلها ١ سنتيمتر على الخريطة .

أي أن كل ١٠٠٠٠٠ بوصة على الطبيعة يقابلها ١ بوصة على الخريطة

∴ كل ٦٣٣٦٠ بوصة على الطبيعة يقابلها ٥ بوصة على الخريطة .

$$\therefore \text{س} = \frac{٦٣٣٦٠ \times ١}{١٠٠٠٠٠} = ٠.٦٣ \text{ بوصة} .$$

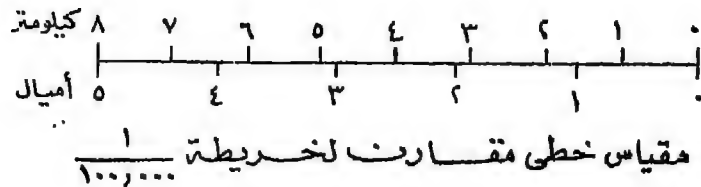
∴ كل ٦٣٣٦٠ بوصة على الطبيعة يقابلها ٠.٦٣ بوصة على الخريطة .

$$\therefore ٥ \text{ أميال مثلاً} = ٠.٦٣ \times ٥$$

$$= ٣.١٥ \text{ بوصة} .$$

وعلى ذلك نرسم خطاً طوله ٣.١٥ بوصة ونقسمه إلى خمسة أقسام متساوية ، يعبر كل قسم منها عن ميل واحد . وبذلك نحصل على مقياس خطي يقيس إلى أميال صحيحة لخريطة

مقياس رسمها  $\frac{١}{١٠٠٠٠٠}$

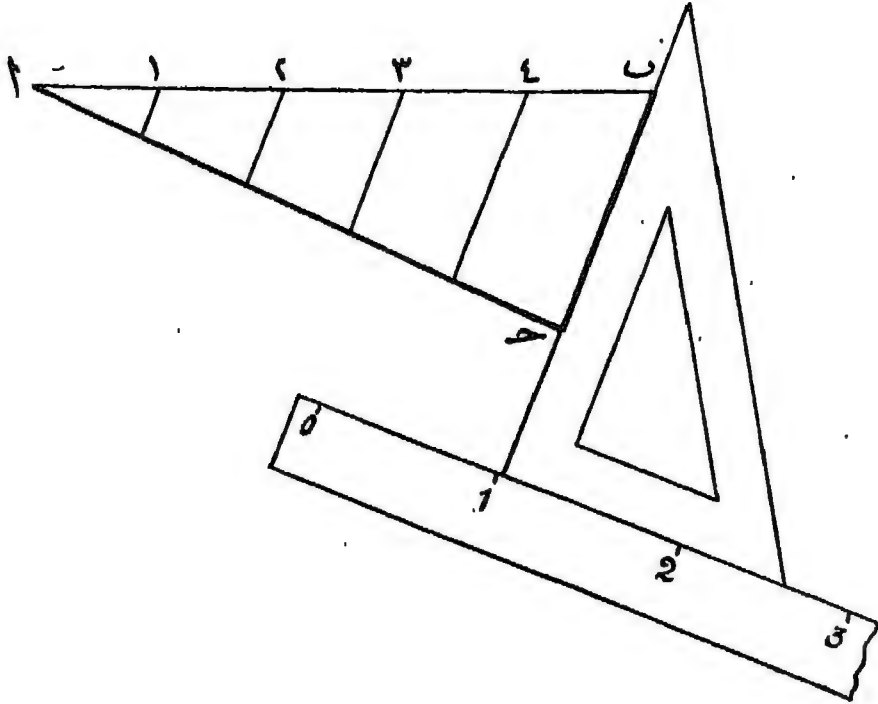


( شكل ١٧ )

ولكن عند محاولة تقسيم خط طوله ٣.١٥ بوصة إلى خمسة أقسام متساوية ستواجهنا مشكلة تقسيم مثل هذا الخط إلى أقسام متساوية طول كل منها ٠.٦٣ بوصة . وفي هذه الحالة نستعين بخط آخر يساعدنا على تسهيل تقسيم هذا الخط .

فلو فرض أن المقياس الخطي المراد تقسيمه هو الخط  $ab$  بطول ٣.١٥ بوصة . في هذه الحالة نقوم برسم خط مساعد هو الخط  $ac$  ليقابل  $ab$  عند نقطة  $a$  بزاوية مناسبة على أن يكون طوله بوحدة قياسية تقبل القسمة على خمسة مثل ٢.٥ أو ٥ أو ٧ سنتيمتر مثلاً . ثم نقوم بتوصيل طرفي الخطين بخط ثالث هو الخط  $bc$  . بعد ذلك نقسم الخط  $ac$  إلى خمسة أقسام طول كل منها ١.٥ سنتيمتر . ثم نرسم من نقط التقسيم هذه خطوطاً موازية للخط  $bc$  تلتقي بالخط  $ab$  ، فنكون بذلك قد قسمنا الخط  $ab$  إلى خمسة أقسام طول كل منها ٠.٦٣ بوصة .

ويلزمنا لإجراء عملية التقسيم أن نستعين بمثلثين أو بثلاث ومسطرة . ونضع حافة المثلث



### طريقة تقسيم خط مستقيم إلى أجزاء متساوية

( شكل ١٨ )

على طول الخط ب ح على أن يمتد على المسطرة أو الثلث الآخر كما في الشكل ( ١٨ ) ثم تقوم بتحريك الثلث على طول حافة المسطرة حتى يمر بكل نقط التقسيم على الخط ا ح التي تقوم بتوصيلها بالخط ا ح فتقسم لنا هذا الخط الأخير إلى الأقسام الخمسة المطلوبة .

### ٣- المقياس الزمني : Time - Scale

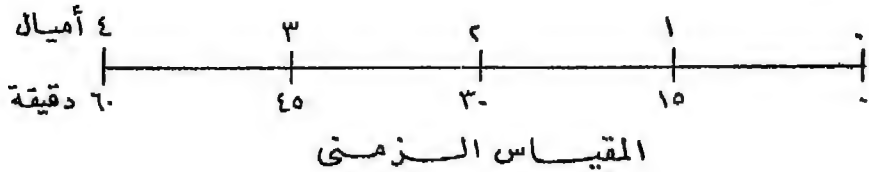
يمكن استخدام فكرة المقياس المقارن في عملية مقارنة أخرى لا تكون المقارنة فيها بين وحدات قياسية مختلفة ولكن بين وحدات قياسية وبين وحدات زمنية . ويعرف هذا النوع من المقاييس باسم المقياس الزمني . وهو من أهم المقاييس التي يعتمد عليها رجل الكشف ورجال الجيش في خطوط سيرهم على الخرائط ، ذلك أن هذا المقياس يربط المسافة بالزمن .

والمقياس الزمني مرتبط في إنشائه بمقياس رسم الخريطة المستعملة في الرحلة . فالمقياسان لا ينفصلان عن بعضهما بل هما مقياس ذو حدين ، فإلجانب الأمل من المقياس يخصص

للمسافة بالكيلو مترات أو بالأميال ويقسم حسب مقياس رسم الخريطة . وهذا الجانب من جانبي مقياس الرسم ثابت لا يتغير حيث أنه مقياس الرسم الخطي للخريطة .

أما الجانب الأسفل من الخط فيخصص للزمن . فيكتب عليه ما يقابل الكيلومترات بالدقائق أو الساعات . وبذلك يسهل على قارئ الخريطة تقدير المسافة التي يقطعها أو يريد قطعها بالزمن . وبالتبع فإن هذا الجانب من جانبي مقياس الرسم غير ثابت ويتغير تبعاً لتغير سرعة سير الشخص الذي يستخدم الخريطة سواء أكان راكباً أم متجلاً .

فإذا كان الرحالة يقطع في الساعة ٤ أميال ، وكان مقياس رسم الخريطة التي يسير عليها ١ : ٦٣٣٦٠ أى بوصة لكل ميل فإننا نرسم خطاً مستقيماً ونقسم حافته العليا إلى بوصات لتمثل كل بوصة منها ميلاً واحداً . أما الجانب الأسفل من الخط فنحدد عليه ما يقابل هذه الأميال بالدقائق والساعات .



شكل ( ١٩ )

وبما أن الرحالة يقطع في الساعة ٤ أميال فكأنه يقطع الميل الواحد في ١٥ دقيقة . وعلى ذلك نكتب تحت الميل الأول ١٥ دقيقة وتحت الميل الثاني ٣٠ دقيقة وتحت الميل الثالث ٤٥ دقيقة حتى نصل إلى الميل الرابع فنكتب تحته ٦٠ دقيقة أى ساعة كاملة .

#### ٤ — المقياس الشبكي : Diagonal Scale

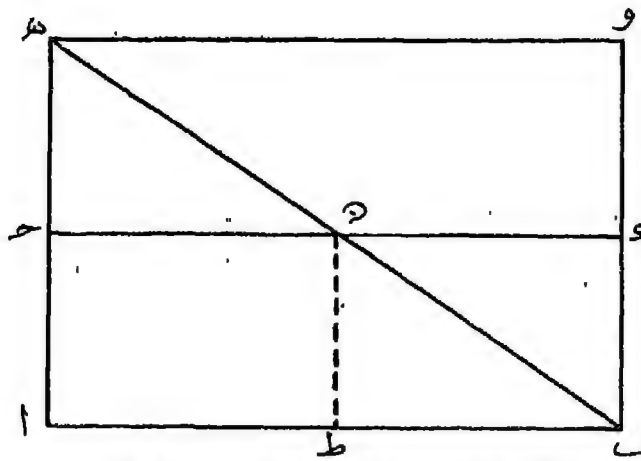
لو أردنا رسم مقياس خطي لخريطة مقياس ١ : ٤٠٠٠٠٠ مثلاً بحيث يقرأ المقياس الخطي حتى مئات الأمتار ، سنجد أن كل سنتيمتر على المقياس الخطي يمثل أربعة كيلومترات على الطبيعة ، أى أن كل كيلومتر واحد على الطبيعة يمثل ربع سنتيمتر على المقياس .

وواضح أن تقسيم ربع السنتيمتر إلى عشرة أقسام يقرأ كل قسم منها مائة متر أمر مستحيل ، لأن كل قسم على هذا الأساس ( أى كل ١٠٠ متر ) سيمثل على المقياس بطول



٢٥ر. من المليمتر . ولهذا . يلزم استخدام طريقة أخرى تضمن لنا سهولة قراءة هذه الوحدة الصغيرة وهذه الطريقة هي استخدام مقياس رسم شبكي أو قطري Diagonal .

ويعتمد مقياس الرسم الشبكي على نظرية هندسية بسيطة . فلتقسيم الخط  $ab$  إلى قسمين متساويين نقوم برسم الأعمدة (  $ah$  ) ، (  $bw$  ) . ثم نرسم المتوازيين (  $cd$  ) ، (  $hw$  ) على مسافات متساوية . ومن الشكل ( ٢٠ ) يمكننا أن تثبت بسهولة أن نقطة (  $ط$  ) تنصف الخط (  $ab$  ) ويسهل هذا الإثبات إذا أسقطنا العمود (  $ن ط$  ) على (  $ab$  ) . .



فكرة تقسيم المقياس الشبكي

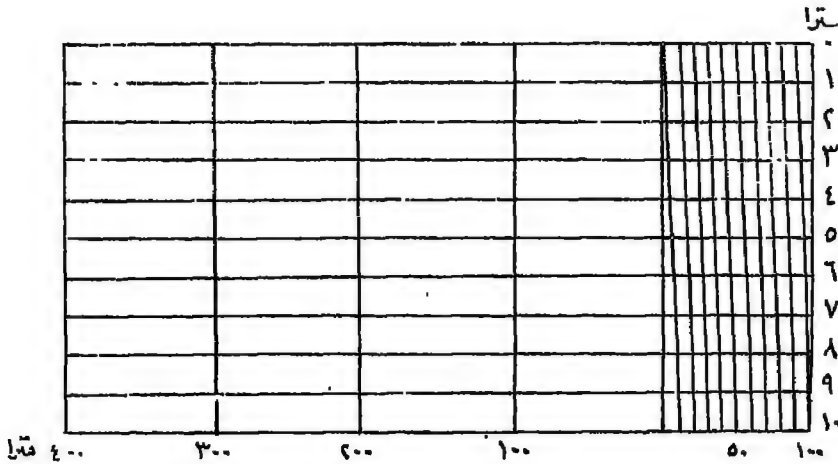
( شكل ٢٠ )

وبنفس الطريقة يمكن تقسيم الخط (  $ab$  ) إلى عشرة أقسام متساوية برسم عشرة متوازيات فوق بعضها بفاصل رأسى واحد ، ثم نوصل (  $ب هـ$  ) ونسقط أعمدة من نقط التقابل على الخط (  $ab$  ) وبذلك ينقسم هذا الخط إلى عشرة أقسام متساوية ، طول كل منها يساوى ٢ر. من طول (  $ab$  ) .

وتعتمد فكرة المقياس الشبكي أساساً على النظرية السابقة . فإذا أريد مثلاً تصميم مقياس رسم خطى لخريطة مرسومة بمقياس ١ : ٥٠٠٠ ليقرأ الى متر واحد فإنا نجد أن هذا المتر الواحد على الطبيعة يقابله على المقياس الخطى بعداً يساوى ٢ر. من المليمتر ، وفي هذه الحالة يتمرر تعيين هذا الكسر الصغير من المليمتر على الورق . وعلى فرض إمكان تعيينه فليس من الممكن قراءة الأجزاء الناتجة بالدقة الكافية .

ولذلك فقد دعت الحاجة الى استنباط طريقة يمكن بها بيان هذه الاجزاء وقراءتها بسهولة ، وهى عمل مقياس شبكى على الجزء الموجود على يمين صفر تدريج المقياس الخطى . ويكون المقياس الشبكى بمثابة الوردية للمقاييس المدرجة لأن به يمكن تعيين كسر صغير من أصغر وحدة مبينة على المقياس الخطى .

ولعمل المقياس الشبكى لخريطة مرسومة بمقياس رسم  $1/5000$  يقرأ الى أقرب متر صحيح نقيم عمودا على المقياس الخطى من نهايته اليمنى ونبين على هذا العمود عشرة أبعاد متساوية بطول مناسب وليكن خمسة ملليمترات مثلا . ثم نرسم من نقطة التقسيم هذه خطوطا موازية لطول المقياس الخطى . وبعد ذلك نقيم من نقطة صفر تدريجها عمودا آخر فيقابل أعلى خط من الخطوط الموازية للمقياس الخطى . ونقسم المسافة بين هذين العمودين على ذلك الخط الى خمسة أقسام متساوية تساوى الأقسام الصغرى التى على المقياس الخطى والتى يعبر كل منها عن عشرة أمتار . وبعد ذلك نصل كل نقطة على الخط العلوى بالنقطة التى تقع على يمين أو يسار النقطة المناظرة لها على المقياس الخطى ، فينتج المقياس الشبكى المطلوب . وتقام أيضا أعمدة من باقى نقطة تقسيم المقياس الخطى لتقابل الخطوط الموازية لها ويصير شكل المقياس النهائى كما فى ( شكل ٢١ ، ٢٢ )

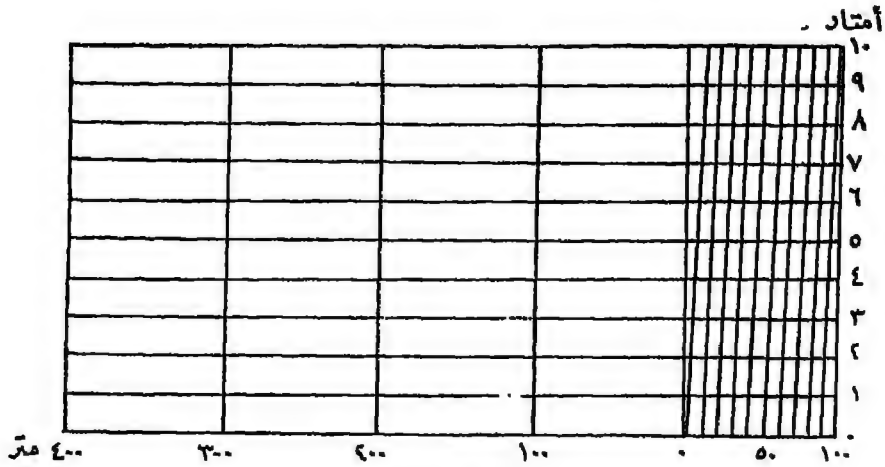


( شكل ٢١ )

نموذج للمقياس الشبكى ( ١ )

فمن الشكل ٢١ نرى أن التقاسيم الموجودة على الخط الموازى الواقع فوق المقياس الخطى مباشرة وفى الجزء الأول جهة اليسار من المقياس الشبكى قد انحرفت الى اليسار بمقدار  $\frac{1}{10}$

من أصغر قسم على المقياس الخطى الذى يبلغ طوله ١٠ أمتار أى أنها انحرفت بمقدار  $\frac{1}{4}$  من ١٠ = متر واحد . وكذلك نجد أن التقاسيم على الخط الموازى التالى مباشرة قد انحرفت بمقدار  $\frac{1}{4}$  من ١٠ = ٢ متر وهكذا .



( شكل ١٢ )

نموذج لـ المقياس الشبكى ( ب )

أما الشكل ٢٢ فيبين المقياس الخطى نفسه ولكن بمجرد النظر اليه نجد أن اتجاه تدريج المقياس الشبكى ( المقياس الرأسى ) فيه يخالف لاتجاهه فى الشكل السابق . والسبب فى هذا الاختلاف هو اتجاه ميل الخطوط المكونة له . ولذلك نجد أن تدريج الوحدات على المقياس الرأسى يتم بطريقة عكسية عن مثيله فى الشكل السابق .

وهناك طريقة أخرى لإنشاء المقياس الشبكى تعتمد على نظريات تشابه المثلثات فى الهندسة المستوية أيضاً .

مثال — يرسم مقياس رسم شبكياً يقرأ أمتاراً صحيحة لخريطة مقياس رسمها  $\frac{1}{4000}$  .

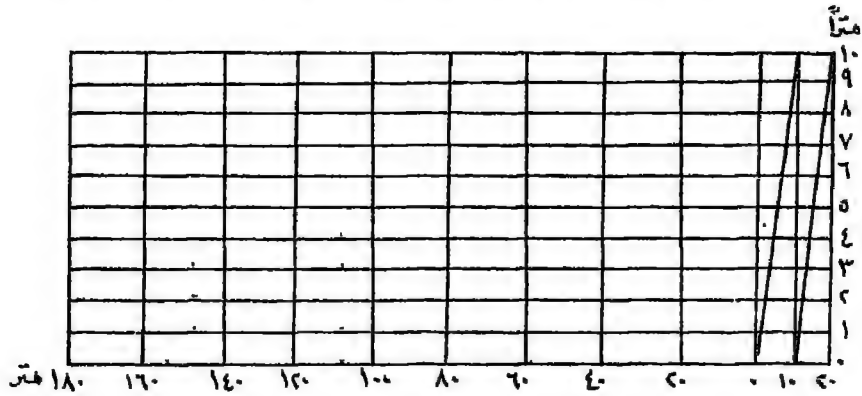
الحل — حيث أن المقياس المطلوب لإنشاؤه هو  $\frac{1}{4000}$  ينتج أن

٢٠٠٠ متر على الطبيعة يقابلها ١٠٠ سنتيمتر على الخريطة .

∴ ٢٠ متراً على الطبيعة يقابلها ١ سنتيمتر على الخريطة .

على ذلك نقوم برسم المقياس الشبكى بنفس الطريقة السابقة ولكن بدلاً من تقسيم الوحدات الموجودة على يمين الصفر الى عشر وحدات مثلاً نكتفى بتقسيمها الى قسمين فقط يمثل كل

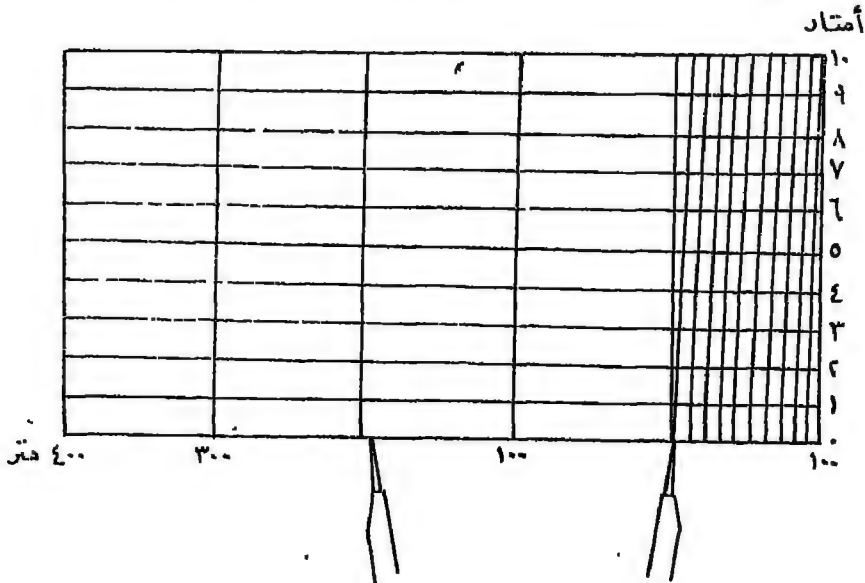
منهما ١٠ أمتار. وتقسم المقياس الرأسى الى عشرة أقسام يمثل كل قسم منها متراً واحداً .



( شكل ٢٣ )  
نموذج آخر للمقياس الشبكى

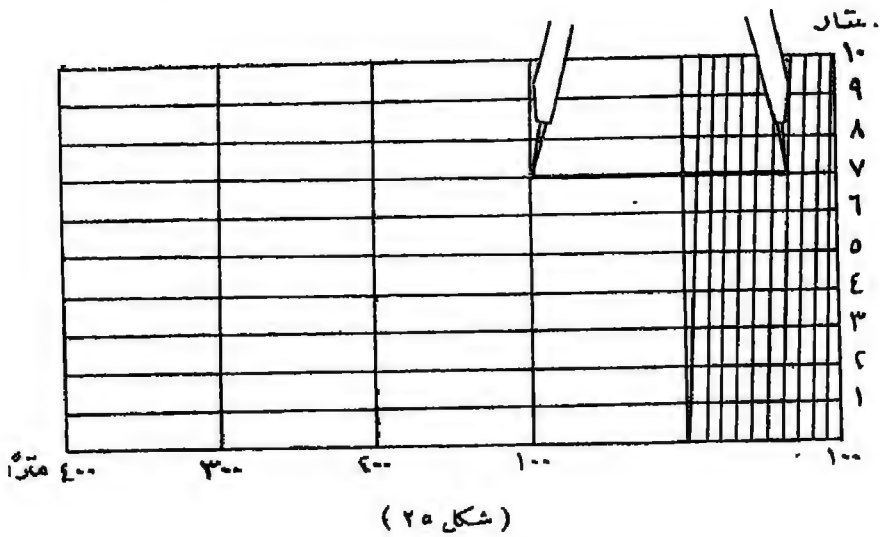
كيفية تعيين أى طول على الخريطة باستعمال المقياس المرسوم عليها :

لتعيين أى طول على الخريطة باستعمال المقياس المرسوم فى أسفلها نأخذ بفرجار التقسيم ذى السنين ونفتحه فتحة تساوى هذا الطول بالضبط ونضع سن الفرجار الأيمن على صفر تدرج المقياس الأفقى ، ونلاحظ موضع نقطة تقاطع السن الأيسر مع خط المقياس فنحدد أنها تقع بين المدين ١٠٠ ، ٢٠٠ من الأمتار مثلاً كما فى شكل ٢٤ .



( شكل ٢٤ )

فُننقل سن الفرجار الأيسر إلى نقطة التدرج التي تقع على يمينه مباشرة وهي ١٠٠ ،  
ونجعل السن الأيمن ينطبق على خط المقياس الأفقي ثم نحرك الفرجار بحيث يكون دائماً  
موازيًا لوضعه الأول ، ويكون السن الأيسر منطبقاً دائماً على العمود المقام من نقطة تدرج  
الـ ١٠٠ متر . ونستمر في تحريك الفرجار على هذا النحو حتى يقابل السن الأيمن أى خط  
من خطوط المقياس الشبكي المائلة ويكون السنان في الوقت نفسه على خط واحد من الخطوط  
الموازية لخط المقياس الأفقي كما في شكل ( ٢٥ ) فنقرأ طول البعد المطلوب قياسه من واقع  
التدرجات المحصورة بين سنى الفرجار . وواضح من الشكل أنه يساوى ١٦٧ متراً .



ويلاحظ أن السن الأيمن للفرجار هو الذى يعين قراءة المقياس للشبكي ، أى أن الوحدات  
وأجزائها تقرأ دائماً على يمين صفر تدرج المقياس الأفقي .

#### مقياس الرسم مفتاح لتصنيف الخرائط :

إن مقياس الرسم يمكن أن يكون مفتاحاً لتصنيف Classification الخرائط ، ويمكن أن  
يساعدنا إلى حد كبير في معرفة النوع الذى تنتمى إليه الخريطة .

فالخرائط المليونية والأصغر من ذلك غالباً ما تكون خرائط للمصورات الجغرافية فقط  
Atlas maps . ومثل هذه الخرائط توضح لنا صورة عامة لسطح الأرض وشكل القارات  
ونظام الحدود السياسية للدول وطبيعة الجبال والصحارى ، كما توضح المدن والموانئ  
( م ٩ - الخرائط )

الهامة وكذلك الأنهار الرئيسية والطرق البحرية الرئيسية .

كما يمكننا أن نصنف تحت عنوان الخرائط الطبوغرافية Topographic maps الخرائط ذات المقياس المحصور بين ١ : ١٠٠٠٠٠٠ ، ١ : ١٠٠٠٠٠ ، ١ : ١٠٠٠٠٠ . فهذه الخرائط يمكن أن تشمل على تفاصيل أكثر ، ومن ثم تحقق كثيراً من الأغراض المدنية والحربية . وكبر مقياس رسمها يجعلها لا توضح الأنهار الرئيسية فحسب بل وجداول أنباه الصغيرة والغابات والبرك والمستنقعات والتلال المنخفضة ، كما أنها لا تكتفى بتمثيل الطرق البرية الرئيسية بل توضح أيضاً المدات الصغيرة والمناجم والعيون والآبار المستخدمة في الشرب . . . الخ .

أما الخرائط التي يزيد مقياس رسمها على  $\frac{1}{100,000}$  فإنها تندرج ضمن الخرائط التفضيلية Cadastral maps التي توضح بوجه خاص التقسيمات العقارية Estate divisions ومن ثم فهي توضح كل الملامح الحضارية للمنطقة ، مثل البيوت والمدارس ومحطات السكك الحديدية ومكاتب الشرطة ومراكز إطفاء الحرائق وغيرها من المعالم الرئيسية للمنطقة . وواضح أن هذا النوع الأخير من الخرائط هو أقل أنواع الخرائط اجتذاباً لاهتمام الجغرافى .

وكثيراً ما تشتهر إحدى الخرائط بمقياس رسمها فقط . وأشهر مثال على ذلك هو خريطة العالم المليونية التي اقترحها البرخت بنك A. Penck . ووضعت مواصفاتها في عدة مؤتمرات جغرافية دولية . والقصود بخريطة العالم المليونية ليس إنشاء مليون خريطة للعالم بل إنشاء خريطة واحدة للعالم بمقياس رسم  $\frac{1}{100,000,000}$  أو بوصة لكل ١٥٧٨ ميل .

## قياس الأبعاد على الخريطة

عند قياس أى بعد على الطبيعة تعترضنا مشكلتان أساسيتان :

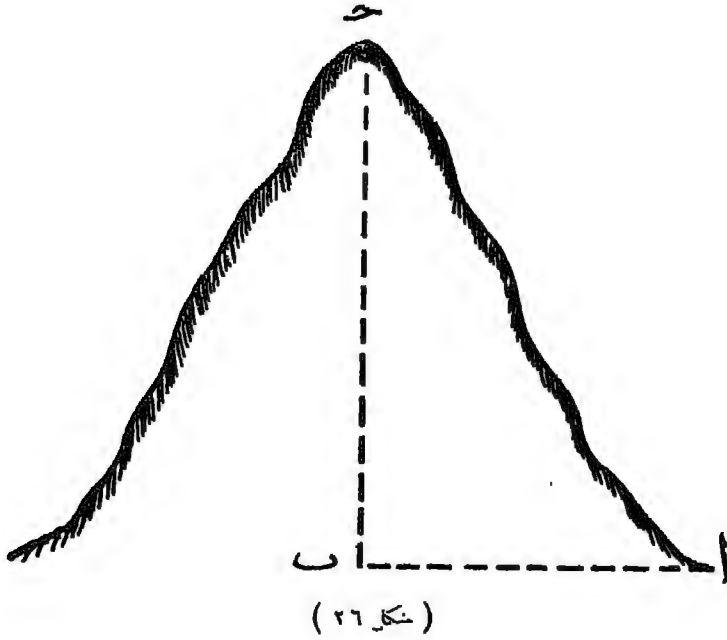
المشكلة الأولى خاصة بكروية الأرض Sphericity of the Earth واستحالة تمثيل هذا السطح الكروى على لوحات مسطحة من الورق تمثيلاً صحيحاً مطابقةً لما هو كائن فى الطبيعة مهما كان نوع السقط المستعمل فى الرسم . فالمعروف أن أية مسافة بين نقطتين على سطح الأرض إنما تمثل جزءاً من دائرة عظمى ، ولما كانت خرائط الكرة أو أجزائها تمثل جميعها على لوحات مسطحة فإن قياس أية مسافة على مثل تلك الخرائط لا يمكن أن يبلغ حد الكمال المطلق مهما كان القياس دقيقاً .

وقد أمكن التغلب على هذه المشكلة بوضع جداول وقوانين رياضية خاصة تساعد الباحث على القياس الصحيح ، وذلك بمرفة الأطوال الحقيقية لأقواس الطول ودوائر العرض .

وتعتبر الخرائط الطبوغرافية أصح أنواع الخرائط للقياس لأنها تمثل وحدات مساحية صغيرة ومطابقة لسطح الكرة إلى حد كبير . فإذا لم يكن هناك بد من القياس على خرائط من نوع آخر فليكن ذلك فى حدود عشر درجات طولية وعرضية من مركز الخريطة . أما ما هو أبعد من ذلك فلا بد لدقة القياس فيه من الاستعانة بالجداول والقوانين الرياضية المخصصة لذلك .

هذا ولا يخفى أن أدق قياس للأبعاد هو ما كان مأخوذاً على سطح كرة أرضية دقيقة الصنع .

وأما المشكلة الثانية فهي مشكلة التعرّس الموجود على سطح الأرض . فهذه الارتفاعات والانخفاضات التى نشاهدها فى الطبيعة لا تمثلها على الخريطة إلا ظلال أو خطوط كنتورية . فالبعد الجغرافى بين نقطتين على الخريطة إحداها مرتفعة والأخرى منخفضة أقصر من البعد الفعلى بينهما على الطبيعة . ويوضح هذا القول ( شكل ٢٦ ) حيث نجد البعد بين ١ ، ٢ على الطبيعة يمثل البعد ١ ب على الخريطة . والفرق واضح بين طول ١ ح وطول ١ ب .



واللتغلب على تلك المشكلة في القياس يعمل قطاع طولى — بالطريقة التى سشرحها فيما بعد — على طول المسافة المراد قياسها على الخريطة ، فنحصل بذلك على الطول الحقيقى للخط حـ ب على الطبيعة .

#### طرق القياس :

تقاس المسافات على الخريطة بإحدى الطرق الآتية :

##### ١ — بواسطة المسطرة العادية :

وذلك لقياس المسافات المستقيمة . وبعد معرفة طول المسافة بالسنتيمتر أو بالبوصة يمكننا الحصول على الطول الحقيقى لها على الطبيعة بالاستعانة بقياس رسم الخريطة .

##### ٢ — بواسطة الخيط :

إذا كان الخط المراد قياسه على الخريطة متعرجا فيمكننا قياسه بواسطة خيط رفيع نضع مبدأه على مبدأ الخط بالضبط ثم نسبر به فوق الخط بكل دقة متتبعين كل ثنية من ثناياه حتى نهايته . ثم نشد الخيط بعد ذلك فوق مسطرة عادية لنرى طوله بالسنتيمترات إذا كان المقياس المستعمل فى الخريطة كيلومتريا أو بالبوصات إذا كان المقياس مياليا ، وتقارن هذا الطول بمقياس الرسم فنحصل على طول الخط الذى تم قياسه على الطبيعة .



### ٣ — بواسطة المقسم : Divider

وهو عبارة عن فرجار ذى سنين ، تفتحه فتحة ضيقة ( $\frac{1}{4}$  أو  $\frac{1}{8}$  سنتيمتر مثلاً) ثم ننقله فوق الخط المراد قياسه من مبدئه إلى نهايته ، مع مراعاة أننا لا نرفعه عن الخط إلا في نهايته وإحصاء عدد المرات التي نقلنا فيها هذا المقسم فوق الخط نستطيع أن نعرف طوله بالسنتيمترات ومن ثم يمكن معرفة طوله على الطبيعة من مقياس رسم الخريطة .

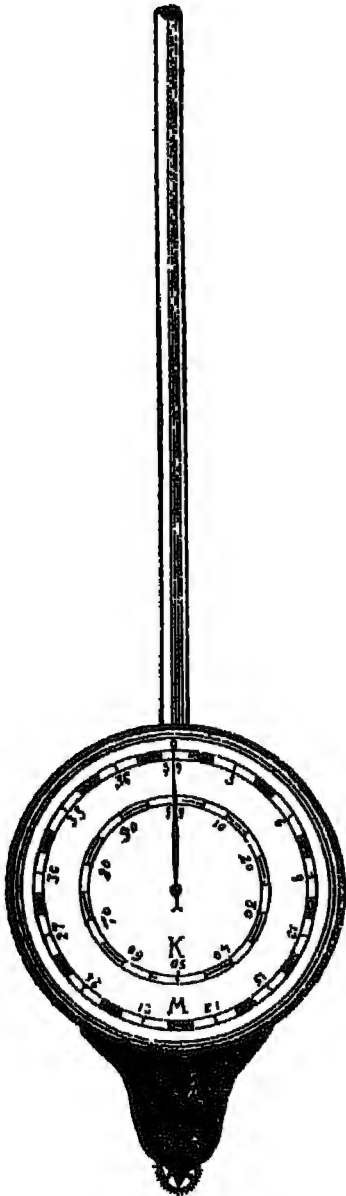
### ٤ — بواسطة عجلة القياس : Opisometer

وهي أسرع وأدق وسيلة لقياس المسافات وبخاصة المسافات المتعرجة . والعجلة مركبة من قرص أبيض مستدير عليه دائرتان مرسومتان من مركز القرص . وهاتان الدائرتان مقسمتان إلى أقسام مختلفة عن بعضهما ، وهذا التقسيم وضع على أساس مقياس رسم معين لكل دائرة منهما .

فالدائرة الصغرى مقسمة إلى ٩٩ قسماً وكل قسم منها يساوى كيلومتراً واحداً على اعتبار أن مقياس الرسم المستعمل في الخريطة التي نقيس عليها هو سنتيمتر لكل كيلومتر .

أما الدائرة الكبرى فمقسمة إلى ٣٩ قسماً ، وكل منها يساوى ميلاً ، وذلك على اعتبار أن مقياس الرسم المستعمل في الخريطة التي نجرى عليها القياس هو بوصة لكل ميل .

وهناك عقرب رفيع يتحرك من مركز القرص مشيراً إلى أقسام الدائرتين ، ويتحكم في حركته ترس صغير مسنن في أقصى الطرف الأسفل للعجلة ، وقد وضع فوق الترس مؤشر صغير له طرف مدبب نستعمله في تحديد بدء القياس ونهايته .



( شكل ٢٧ ) عجلة القياس

### طريقة استعمال 'مجله' :

قبل البدء في استعمال المجلة لا بد من التأكد من أن العقرب يشير إلى صفر القياس على الدائرتين . وصفر القياس على دائرة الكيلو منرات هو القسم التاسع والتسعون نفسه كما أن صفر قياس دائرة الأميال هو 'نقسم' التاسع والثلاثون .

بعد ذلك تمسك بالمجلة من بدها ونضعها في وضع رأسي على الخريطة بحيث يلامس الترس الأسفل بداية الخط المراد قياسه بالضبط ونستعين في تحديد بداية الخط هنا بالمؤشر الصغير الموضوع فوق الترس .

ثم نبدأ في تحريك 'مجلة' فوق الخط المراد قياسه تماماً بحيث تكون دوران العقرب في اتجاه دوران عقرب الساعة ، وبحيث يلتصق كل ما فيه من 'نمرجات' بمنتهى الدقة . وفي نهاية الخط نرفع المجلة ونقرأ : 'قم اندي يسير إليه العقرب على دائرة الأميال إذا كان القياس المستعمل ميالياً ، أما إذا كان القياس كيلومترياً فتكون القراءة على دائرة الكيلو منرات ، وبهذا تدلنا القراءة على طول تلك المسافة مباشرة وذلك إذا كان القياس المستعمل هو  $\frac{1}{100000}$  أو  $\frac{1}{33360}$  .

أما إذا كان مقياس رسم الخريطة مخالفاً لهذين المقياسين فلا بد من إجراء حساب خاص لها . فمثلاً في الخرائط انسيونية ( ١ : ١٠٠٠٠٠٠ ) أى سنتيمتر لكل ١٠ كيلو منرات إذا قسنا خطأً بالمجلة وكان طوله ١٥ سنتيمتراً على الخريطة فإن عقرب المجلة سيسير إلى رقم ١٥ على المجلة على دائرة الكيلو منرات . ويكون طول ذلك الخط على الطبيعة في تلك الحالة  $١٥ \times ١٠ = ١٥٠$  كيلو منراً .

وفي خرائط ٤ بوصة للميل إذا سجلت المجلة ١٢ على دائرة الأميال فمعنى ذلك أن طول الخط على الطبيعة = ٣ أميال فقط .

وهكذا نجد أننا معطرون لإجراء عملية حسابية بسيطة للحصول على النتيجة الصحيحة للقياس في جميع الخرائط التي تختلف مقاييسها عن المقياسين المذكورين

$$\frac{1}{6} \times \frac{1}{100000} = \frac{1}{600000}$$

## قياس المساحات من الخرائط

من الأمور التي يجب مراعاتها عند قياس المساحات أن تكون الخرائط المستعملة لهذا الغرض من النوع المرسوم على أساس مسقط من مساقط المساحات المتساوية Equal Area Projections التي سيأتى الكلام عنها في الفصل الخاص بالمساقط .

وهناك طريقتان أساسيتان لقياس المساحات من الخرائط :

أولاً : طرق تخطيطية Graphical methods .

ثانياً : طرق آلية Instrumental methods .

ومع أنه يمكن قياس مساحة أى منطقة من واقع الأطوال المقاسة في الطبيعة ومع أن هذه الطريقة أدق من حيث النتيجة النهائية لعدم وجود أثر فيها لأخطاء الرسم الناشئة عن عدم توخي الدقة التامة في توقيع القياسات المأخوذة من الطبيعة في الخريطة عند الرسم فإن حساب المساحات من الخرائط هو الأكثر شيوعاً .

وقد بنيت الطرق المستعملة في حساب المساحات من الخرائط على فروض رياضية مختلفة يجب زيادة ضبط النتيجة أن تطبق الطريقة الأكثر ملاءمة للشكل المرسوم . وقد استخدمت هذه الفروض الرياضية في كلتا الطريقتين ، التخطيطية والآلية حيث تعمل الأجهزة المستخدمة في حساب المساحات وفقاً لهذه القوانين .

### ( أولاً ) الطرق التخطيطية

تعالج الطرق التخطيطية نوعين أساسيين من المساحات ، إما مساحات محددة بخطوط مستقيمة وإما مساحات محددة بخطوط منحنية .

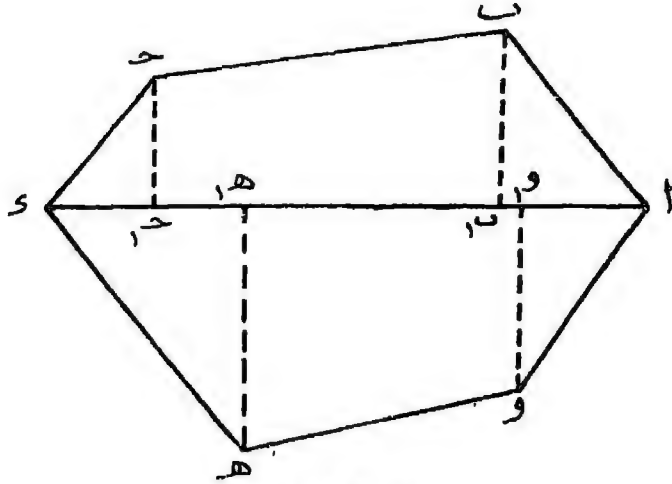
#### ( ١ ) الأشكال المحددة بخطوط مستقيمة :

يقتصر إيجاد مساحة أى شكل محدد بخطوط مستقيمة في تفسيمه إلى مثلثات وأشباه منحرفات ، أو بمعنى آخر إلى أشكال يمكن إيجاد مساحتها مباشرة بتطبيق القوانين الرياضية المعروفة . وأحسن طريقة متبعة في هذا التقسيم هي رسم خط مستقيم يعرف بخط القاعدة تنزل عليه أعمدة من رؤوس المضلع فتكون مجموعة المثلثات وأشباه المنحرفات التي تحسب منها

مساحة المضلع ، ويختلف اختيار موضع خط القاعدة بالنسبة للشكل تبعاً لاختلاف الشكل نفسه . وهناك حالات كثيرة سنقتصر على ذكر حالتين منها :

١ - إذا كان خط القاعدة داخل الشكل :

إذا كان المضلع المطلوب إيجاد مساحته كالبيين في ( شكل ٢٨ ) فنعتبر خط القاعدة هو الخط  $ad$  وننزل الأعمدة من رؤوسه على الخط  $ad$  ونقيس طول كل عمود وكذا بعد كل عمود على الخط  $ad$  عن نقطة  $a$  . ويأيجاد مساحة هذه المثلثات وأشياء المنحرفات التي قسم إليها المضلع وجمعها على بعضها تنتج مساحة المضلع أي مساحة الشكل المراد قياس مساحته . ويتم هذا القياس وفقاً للقوانين الآتية :



( شكل ٢٨ )

مساحة المثلث  $= \frac{1}{2} \times \text{القاعدة} \times \text{الارتفاع}$  (بعمومية القاعدة والارتفاع) .  
ومساحة المثلث  $= \frac{1}{2} \times (a - c) \times (b - c) \times (c - d)$  (بعمومية أضلاعه الثلاثة) .

$$\text{حيث } c = \frac{1}{2} \text{ محيط المثلث}$$

$$= \frac{a + b + c}{2}$$

وحيث  $a, b, c$  = أطوال أضلاع المثلث

ومساحة المثلث القائم = حاصل ضرب ضلعي الزاوية القائمة .

$$\text{مساحة المثلث المتساوي الأضلاع} \equiv \frac{1}{4} \text{س}^2 \times \frac{\sqrt{3}}{4} \\ = 0.433 \text{س}^2$$

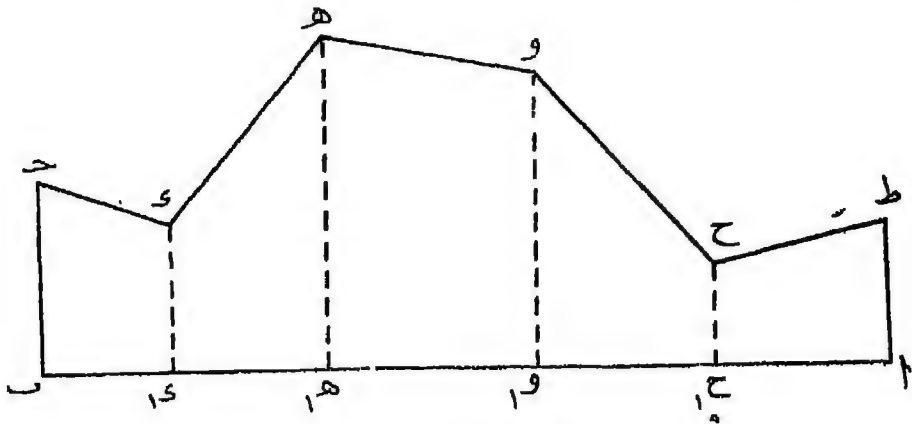
حيث س = طول ضلع المثلث .

$$\text{ومساحة شبه المنحرف} = \frac{\text{مجموع القاعدتين المتوازيتين}}{2} \times \text{الارتفاع}$$

ويمكن لزيادة تسهيل العمل أن يقسم كل شبه منحرف إلى مثلثين حتى تكون العمليات الحسابية كلها من نوع واحد .

٢ - إذا كان خط القاعدة يطابق أحد خطوط الشكل :

في هذه الحالة تقع جميع رؤوس المضلع في إحدى جهتي أطول أضلاعه ، وليكن ا ب الذى يعتبر خط قاعدة . وفي هذه الحالة يحدد الشكل من جانبيه بالعمودين ا ط ، ب ح ، وتعتبر هذه الحالة كأنها مساحة محصورة بين خط القاعدة ا ب وخط الحدود ( ح د ه و ح ط ) وحينئذ تكون الأعمدة ب ح ، د ه ، ه و ، و ح ، ا ط ، عبارة عن إحداثيات نقط الحدود على خط القاعدة . ويمكن أن نوجد المساحة بأن نجمع مساحات أشباه المنحرفات التى قسمنا إليها الشكل .



( شكل ٢٩ )

وهناك طريقة أخرى أسهل في العمل بأن ندون الأبعاد التى تم قياسها على هيئة الجدول الآتى الذى تم تشكيله على أساس النظرية القائلة بتكافؤ المثلثات التى تتحد في القاعدة وتقع

رءوسها على خط واحد مواز للقاعدة . ونحسب ضعف المساحة بناء على هذه النظرية كالآتي :

ضعف المساحة			طول العمود	المسافة من أ إلى ب
القاعدتان $\times$ انسافه الأفقية = الناتج				
١٥٦	١٢ - صفر = ١٢	١٣ = ٥ + ٨	٨	صفر
١٩٥	١٣ = ١٢ - ٢٥	١٥ = ١٠ + ٥	٥	١٢
٣٧٥	١٧ = ٢٥ - ٤٢	٢٢ = ١٢ + ١٠	١٠	٢٥
٢٠٩	١١ = ٤٢ - ٥٣	١٩ = ٧ + ١٢	١٢	٤٢
٢٥٦	١٦ = ٥٣ - ٦٩	١٦ = ٩ + ٧	٧	٥٣
			٩	٦٩
١١٩٠	المجموع .....			
٢ ÷				
٥٩٥	∴ مساحة الشكل .....			

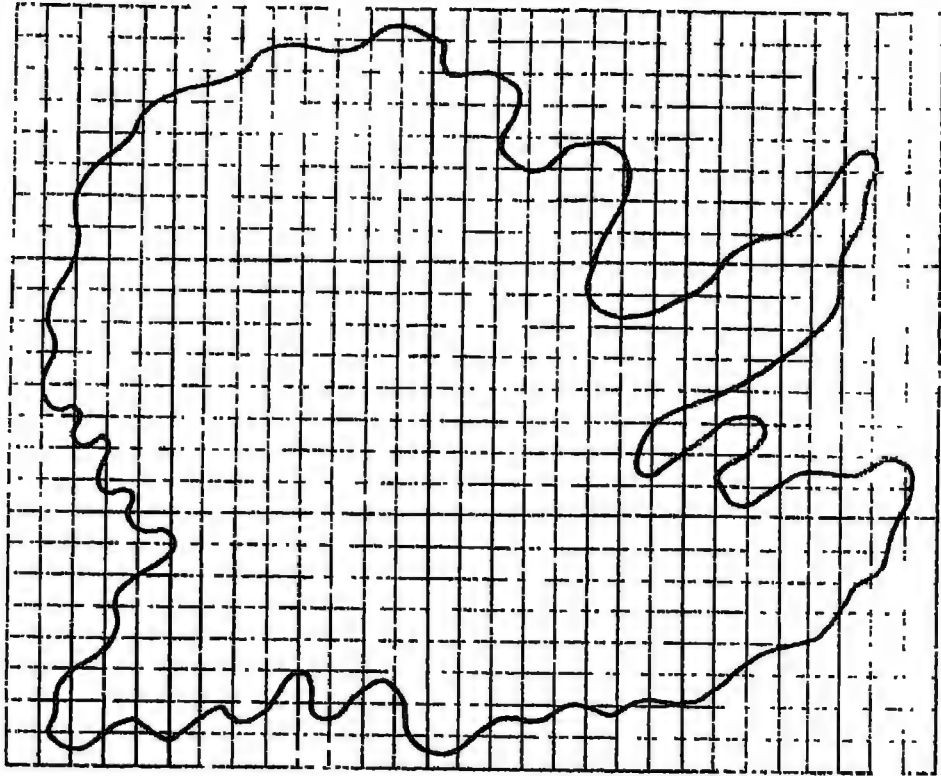
### ب - الأشكال المحددة بخطوط منحنية :

هناك عدة طرق لإيجاد مساحة الأشكال المحدودة بخطوط منحنية ولكننا سنقتصر على ذكر أهمها . وكل هذه الطرق تعتمد على قوانين رياضية ولكننا سنكتفي هنا ببيان الصيغة القانونية فقط وكيفية تطبيقها دون بيان كيفية اشتقاق هذه القوانين ، وأهم هذه الطرق ما يأتي :

#### ١ - طريقة المربعات The method of squares

تتلخص طريقة المربعات في تقطيع المساحة المراد قياسها بشبكة من المربعات الدقيقة الصغيرة ، ثم إحصاء عددها ، وبمعرفة مساحة مربع واحد منها وضربها في عدد المربعات التي تغطي الشكل نحصل على المساحة الكلية للشكل المطلوب . ولا بد - ازيادة الدقة - من حساب مساحة المربعات الناقصة والثلاث التي توجد على أطراف الشكل ، وضمها إلى مساحة

الربعات السائفة ، وبالأجوع إلى مقياس . سم الخريطة . نستطيع أن نعرف المساحة الحقيقية المنطقة المقيسة على الطبيعة .



قياس المساحات بطريقة المربعات

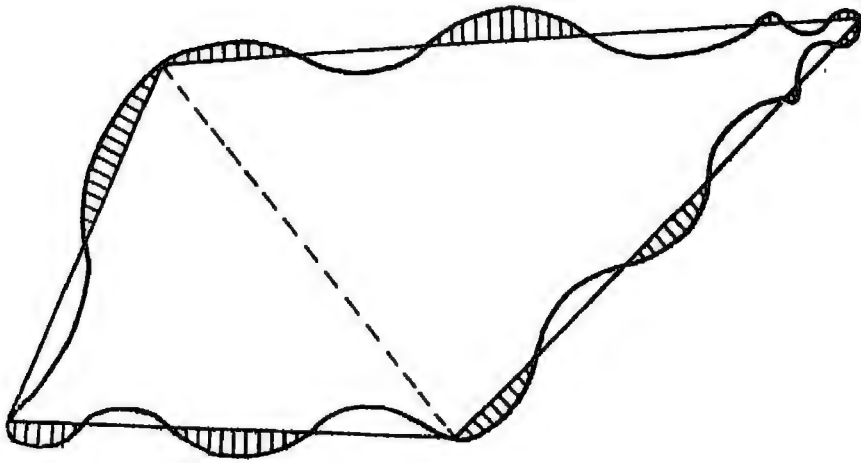
( ك : ٢٠ )

وهذه بلا شك طريقة مبدئية لا نستطيع أن نخرج منها بنتيجة صحيحة مائة في المائة في كل حالة نظراً لما تتطلبه من دقة متناهية في رسم المربعات . بحيث لا نكون هناك مستطيلات أو أشكال منحرفة مع المربعات ، وبحيث تكون الخطوط التي نرسم بها تلك المربعات دسك متناه في الدقة بمعنى أن تكون رفيعة جداً ولا يختلف سمكها من خط لآخر . وحتى إذا تحقق كل هذه الدقة فإننا لن نحصل على النتيجة الصحيحة تماماً إلا إذا علمنا حساب المساحة التي تحتها خطوط المربعات في الشكل وإضافتها إلى مساحة المربعات التي حصلنا عليها ، الأمر الذي يصعب الوصوإ إليه من الناحية العملية .

٢ - طريقة المضلع : the method of polygon

ننقل من هذه الطريقة في تحويل الشكل إلى مضلع مسكاف به في المساحة وهذا بأن

يراعى فى رسم أضلاعه على الشكل أن يقطع كل منها المنحنى على شرط أن يفصل من الشكل جزءان متساويان ما أمكن يقطع أحدهما خارج الخط المستقيم والآخر داخله ، وقد نضطر الحال أحيانا أن يقطع الضلع المنحنى فى أكثر من ثلاث نقاط . وفى هذه الحالة يجب مراعاة توفر الشرط السابق فى الأجزاء المضافة للشكل والمحدوفة منه . وتعرف أضلاع المضلع المرسوم على الشكل بخطوط الحذف وإضافة Cut and Fill وفقاً لوظيفتها . ويرى من ( شكل ٣١ ) أن الأجزاء المبهمة بخطوط مساوية لتلك التى تركت بدون تهشير ، والأولى مضافة للشكل بينما الثانية محذوفة منه .

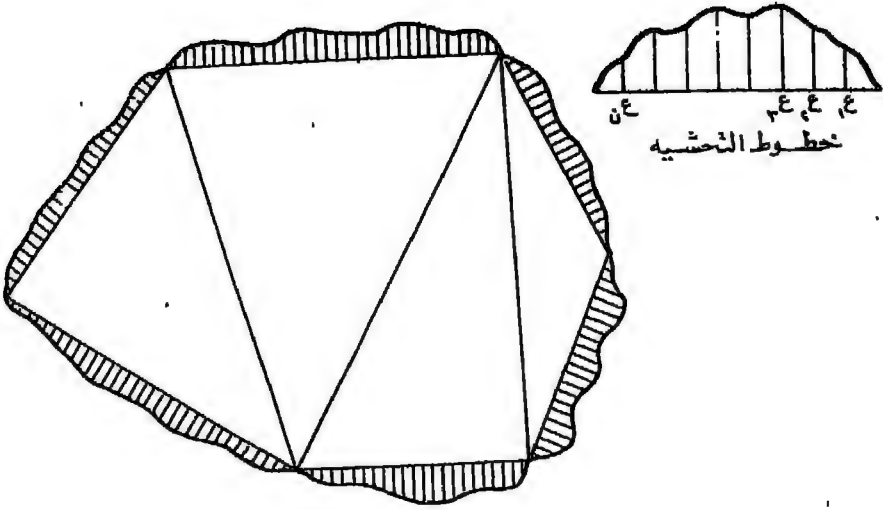


( شكل ٣١ )

وبهذه الطريقة ننقل من حساب مساحة الشكل الأصلى إلى حساب مساحة المضلع الناتج التى توجد بتقسيمه إلى مثلثات يسهل حساب مساحتها وفقاً للقوانين التى ذكرناها .

ويستحسن فى تطبيق هذه الطريقة أن ترسم عدة مضلعات وتوجد مساحة كل منها على حدة وتعتبر المساحة الحقيقية للشكل هى المساحة المتوسطة لجميع هذه المضلعات ، وهذا مع مراعاة ألا يكون الفرق بين مساحة المضلعات المختلفة كبيراً .





( شكل ٣٢ )

ويمكن تطبيق طريقة المضلع هذه بدون أن تتقاطع خطوط المضلع مع الشكل نفسه بل تمر بداخله ولكن رؤوسها تلامس الشكل من الداخل . ويتضح لنا من ( شكل ٣٢ ) أنه يمكن بعد رسم المضلع تقسيمه من الداخل إلى مجموعة من المثلثات يمكن حساب مساحتها بسهولة . أما القطع الواقعة خارج المضلع والتي يرتكز كل منها على ضلع من أضلاعه فإننا نقيم على هذه الأضلاع خطوط تحشية Offsets بفواصل أفقى موحدة ثم نحسب مساحتها وفقا للقانون الآتى :

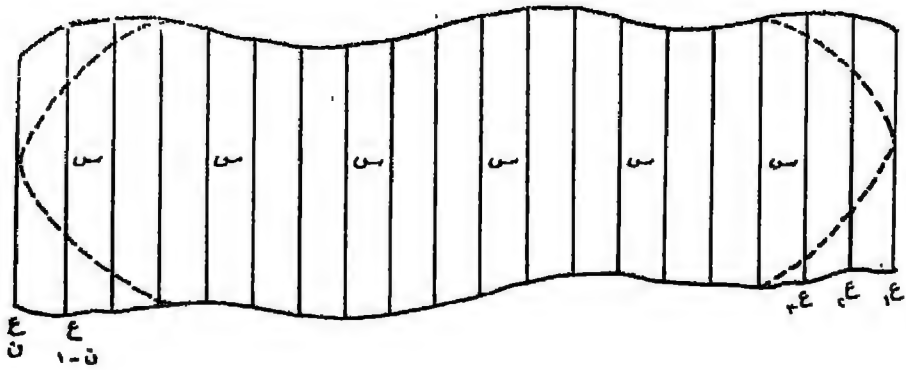
$$\text{المساحة} = \frac{ل (ع + ١ع + ٢ع + \dots + نع)}{ن}$$

حيث ل = طول خط القاعدة .

وحيث ١ع ، ٢ع ، ٣ع ، ٤ع ، ٥ع ، ٦ع ، ٧ع ، ٨ع ، ٩ع ، ١٠ع ، ١١ع ، ١٢ع ، ١٣ع ، ١٤ع ، ١٥ع ، ١٦ع ، ١٧ع ، ١٨ع ، ١٩ع ، ٢٠ع ، ٢١ع ، ٢٢ع ، ٢٣ع ، ٢٤ع ، ٢٥ع ، ٢٦ع ، ٢٧ع ، ٢٨ع ، ٢٩ع ، ٣٠ع ، ٣١ع ، ٣٢ع ، ٣٣ع ، ٣٤ع ، ٣٥ع ، ٣٦ع ، ٣٧ع ، ٣٨ع ، ٣٩ع ، ٤٠ع ، ٤١ع ، ٤٢ع ، ٤٣ع ، ٤٤ع ، ٤٥ع ، ٤٦ع ، ٤٧ع ، ٤٨ع ، ٤٩ع ، ٥٠ع ، ٥١ع ، ٥٢ع ، ٥٣ع ، ٥٤ع ، ٥٥ع ، ٥٦ع ، ٥٧ع ، ٥٨ع ، ٥٩ع ، ٦٠ع ، ٦١ع ، ٦٢ع ، ٦٣ع ، ٦٤ع ، ٦٥ع ، ٦٦ع ، ٦٧ع ، ٦٨ع ، ٦٩ع ، ٧٠ع ، ٧١ع ، ٧٢ع ، ٧٣ع ، ٧٤ع ، ٧٥ع ، ٧٦ع ، ٧٧ع ، ٧٨ع ، ٧٩ع ، ٨٠ع ، ٨١ع ، ٨٢ع ، ٨٣ع ، ٨٤ع ، ٨٥ع ، ٨٦ع ، ٨٧ع ، ٨٨ع ، ٨٩ع ، ٩٠ع ، ٩١ع ، ٩٢ع ، ٩٣ع ، ٩٤ع ، ٩٥ع ، ٩٦ع ، ٩٧ع ، ٩٨ع ، ٩٩ع ، ١٠٠ع = طول كل خط من خطوط التحشية .

### ٣ - قاعدة شبه المنحرف : Trapezoidal Rule

يختصر تطبيق هذه الطريقة في تقسيم الشكل إلى عدة أشرطة عرضية متساوية العرض بواسطة رسم خطوط رأسية متوازية ومتساوية البعد عن بعضها . وتوجد المساحة بفرض أن كل شريط عبارة عن شبه منحرف أو بمعنى آخر أن كل جزء من خط الحدود المنحني والمحصور بين كائنين رأسيين متجاورين عبارة عن حط مستقيم .



( شكل ٣٣ )

فلايجاد المساحة الميئة في ( شكل ٣٣ ) نفرض أن أطوال الخطوط الرأسية المرسومة هي على الترتيب  $١ع, ٢ع, ٣ع, ٤ع, ٥ع, ٦ع, ٧ع, ٨ع, ٩ع, ١٠ع$  .  
وتوجد المساحة بتطبيق القانون الآتي :

$$\text{مساحة الشكل} = س \left( \frac{١ع + ١٠ع}{٢} + ٢ع + ٣ع + ٤ع + ٥ع + ٦ع + ٧ع + ٨ع + ٩ع \right)$$

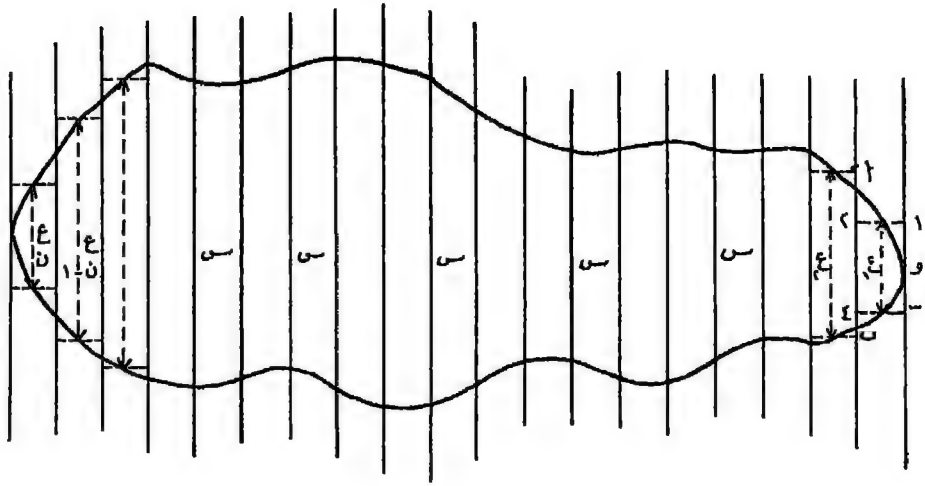
حيث  $س =$  العرض المشترك في الأشرطة .

ويمكن البرهنة على صحة هذا القانون بإيجاد مساحة كل شريط على حدة وجمعها مع بعضها . وإذا كان الشكل مدبب الطرفين ، كما هو مبين بالخط المجزأ ، فإن كلا من  $١ع$  ،  $١٠ع$  يصير صفراً وعلى ذلك يصبح القانون كالآتي :

$$\text{مساحة الشكل} = س ( ٢ع + ٣ع + ٤ع + ٥ع + ٦ع + ٧ع + ٨ع + ٩ع )$$

#### ٤ - طريقة الشرائح : Strip Method

في هذه الطريقة نقوم بتقسيم الشكل المطلوب إيجاد مساحته إلى شرائح أو أشرطة كما سبق شرحه في الطريقة السابقة ، ونحول كل شريحة إلى مستطيل مكافئ لها في المساحة ويشارك معها في العرض ، وذلك برسم خطوط الحذف والإضافة وفق ما سبق بيانه في طريقة المضلع .



( شكل ٣٤ )

فلايجاد مساحة أحد الأشرطة القسم إليها المسطح البين في ( شكل ٣٤ ) وليكن الشريط ا ب و مثلاً نجري الآتى :

نرسم على ا ب مستطيلاً مكافئاً للشريط في المساحة ومشاركاً معه في العرض س وذلك برسم خطى الحذف والإضافة ١ - ٢ ، ٣ - ٤ ، وقياس الارتفاع المحصور بينهما ، وليكن ع١ فيكون هو ارتفاع المستطيل المطلوب . وبضرب هذا الارتفاع في العرض س نتج مساحة المستطيل أو بمعنى آخر مساحة الشريط .

ونوجد كذلك ارتفاعات المستطيلات المكافئة للأشرطة الباقية ، ولتكن ع٢ ، ع٣ ، ع٤ ، ..... ، عن على التوالى . ونحسب مساحة الشكل بأن تساوى مساحته :

$$س \times (ع١ + ع٢ + ..... + عن)$$

وهناك حالة ثانية تطبق فيها طريقة الشرائخ ولكن بصورة أبسط من الطريقة السابقة . وتتلخص هذه الطريقة في تقسيم الشكل إلى أشرطة عرضية متساوية العرض ، كما سبق بيانه ، وتوجد مساحة كل شريط بفرض أنها تساوى مساحة مستطيل مشترك معه في العرض وارتفاعه يساوى الخط الرأسى الرسوم من منتصف هذا العرض .



فلذا فرض، وكان في الشكل رقم (٣٦)،

عدد الأشرطة = ن

عرض كل شريط = س

مجموع الخطوط الرأسية =  $١ع + ٢ع + ٣ع + \dots + نع + نع + ١$

فلذا نخط الرأس المتوسط =  $١ع + ٢ع + ٣ع + \dots + نع + نع + ١$

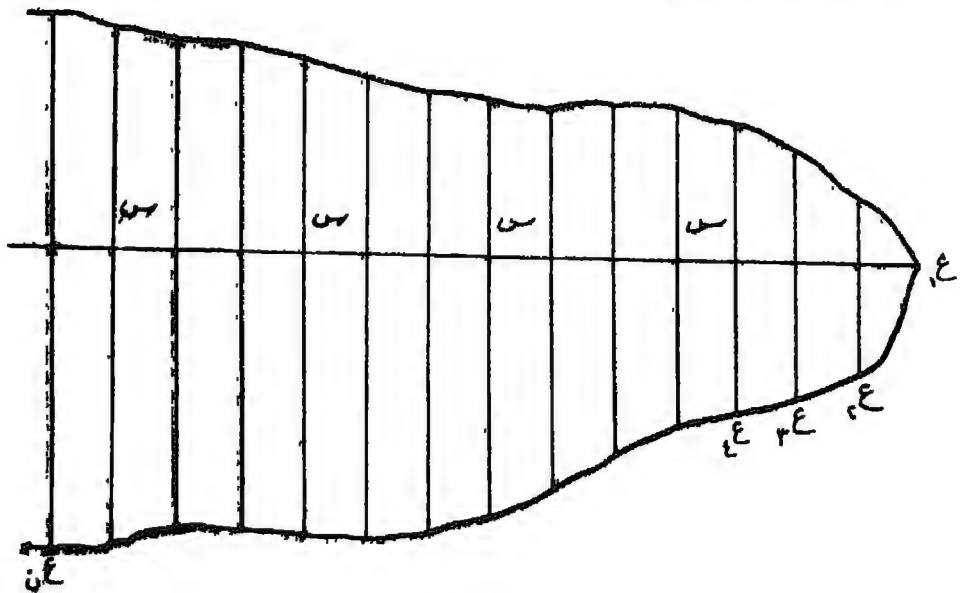
$ل$  فرضاً

∴ مساحة الشكل =  $ن + س + ل$ .

وبالطبع فإن كل هذه الطرق تؤدي إلى نتيجة متشابهة ولكن يجب زيادة ضبط النتيجة النهائية أن تطبق الطريقة الأكثر ملاءمة للشكل المطلوب حساب مساحته.

قاعدة سمبسون : Simpson's Rule

سنكتفي هنا بذكر قانون سمبسون دون توضيح كيفية اشتقاق هذا القانون . ولكن يجب أن نلاحظ أن الأشكال التي تستخدم هذه القاعدة في إيجاد مساحتها لابد وأن تكون حدودها عبارة عن منحنى متسق لا توجد به انحناءات حادة (نقط مدببة) لأن ذلك مما يضعف ضبط النتيجة النهائية .



(شكل ٣٧)

ولتطبيق قاعدة سمبسون في إيجاد مساحة قطعة أرض حدودها منحنية كما في ( شكل ٣٧ )  
نقوم برسم الخط المستقيم ١ ب وسط القطعة ويقسم إلى عدد زوجي من الأقسام المتساوية  
وليكن س مثلا ، ثم نقيم على هذا الخط أعمدة ( إحداثيات ) من نقط التقسيم لتقابل حدود  
القطعة ثم نعين أطوالها ولتكن ع<sub>١</sub> ، ع<sub>٢</sub> ، ع<sub>٣</sub> ، ..... ع<sub>ن</sub> ،

$$\text{فتكون المساحة} = \frac{س}{٣} (ع_١ + ع_٢) + (ع_٣ + ع_٤) + (ع_٥ + ع_٦) + \dots + (ع_{٢٠} + ع_{٢١})$$

أى أن المساحة الكلية تساوى حاصل ضرب ثلث المسافة المشتركة في مجموع الإحداثيين  
الأول والأخير وضعف الإحداثيات الفردية وأربعة أمثال الإحداثيات الزوجية .

$$\text{أى أن المساحة} = \frac{س}{٣} (١ + ٢ ب + ٤ ح)$$

بفرض أن س = المسافة المشتركة بين الإحداثيات .

١ = مجموع الإحداثيين الأول والأخير .

ب = مجموع الإحداثيات الفردية الترتيب ما عدا الأول والأخير .

ح = مجموع الإحداثيات الزوجية الترتيب .

وإذا كان عدد الأقسام فرديا يجب أن ننتخب عددا زوجيا من الأقسام ونعين مساحته  
تبعاً لقانون سمبسون والأخير يعين بمفرده .

وطريقة سمبسون هذه هى أضبط الطرق التخطيطية وتمطى نتائج دقيقة لاسيما  
في حالة الاكثار من الاحداثيات الرأسية .

ويراعى في تطبيق جميع الطرق التخطيطية الخاصة بإيجاد مساحة الأشكال المحددة  
بمخطوط منحنية أن تكون المسافة المشتركة س ( عرض الشريط ) أصغر ما يمكن حتى يكون  
عدد الأشرطة أكثر ما يمكن وهذا مما يؤثر تأثيرا فعلا في صحة الفروض المستعملة في تطبيقها  
وكذلك في درجة صحة النتيجة النهائية .

### ( ثانيا ) الطرق الآلية

هناك طريقتان أساسيتان تستخدم فيهما آلات لمعرفة مساحة الأشكال المختلفة  
من الخرائط . وهى بدون شك أسرع من الطرق التخطيطية وأكثر دقة ولكنها تعتمد

على نفس القوانين الرياضية السابقة. وقبل شرح طريقة استخدام هذه الأجهزة يجمل بنا أن نعرف شيئا عن الورنية Vernier وطريقة استعمالها حيث أن الورنيات تشكل قطعة هامة في تركيب هذه الآلات :

### الورنية :

الورنية عبارة عن مسطرة صغيرة مستقيمة أو دائرية تنزلق على حافة مقاييس عادية من نفس النوع . وهي تستعمل لتعيين الكسور الصغيرة التي لا يمكن بيانها بدقة عند إنشاء المقاييس العادية . فالمقياس العادي الذى يبين ملليمترات لا يمكن أن يعين كسور الملليمتر إلا باستعمال الورنية ، وكذلك الحافة الدائرية التي تبين درجات لا يمكن أن نعين بواسطتها كسور الدرجات إلا باستعمال الورنية أيضا .

وتنقسم الورنيات بالنسبة لنظريات التصميم إلى :

١ — ورنيات أمامية : وفيها تدرج الورنية في اتجاه تدريج الحافة .

ب -- ورنيات خلفية أو عكسية: وفيها تدرج الورنية في اتجاه مضاد لاتجاه تدريج الحافة وأقسام الورنية العكسية أكبر من أقسام الورنية الأمامية ، وهذا طبعا مما يساعد على تعيين الكسور المطلوبة بدقة كبيرة .

ج — ورنيات مزدوجة : وهي عبارة عن ورنيتين أماميتين مشتركتين في صفر التدريج ومدرجتين على كلتا جهتيه ، وتكون كل منها في الحقيقة عبارة عن ورنية مستقلة بمفردها . وتستعمل الورنية المزدوجة في حالة ما إذا كانت الحافة الدائرية مدرجة في اتجاهين متضادين .

وفضلا عن ذلك فإن كل نوع من هذه الورنيات مقسم إلى ثلاثة أنواع تستخدم في قياس مسافات وكسورها بالبوصات أو بالملليمترات أو بالدرجات ، وفكرة تصميمها جميعا واحدة . ولن نتعرض هنا لكيفية اشتقاق قوانينها الرياضية<sup>(١)</sup> ولا إلى كل أنواعها ، بل سنكتفى بالكلام عن ورنيات البوصة لأنها أكثر شيوعا من ورنيات السنتيمترات أو الدرجات فضلا عن سهولة استخدامها .

(١) . . . . . الورنيات الأمامية وفقا للحساب الآتي :

إذا فرس وكانت س = طول أو (قيمة) أصغر قسم على الحافة (طولية كانت أو دائرية) .

ص = طول أو ( قيمة ) أصغر قسم من أقسام الورنية .

ن = عدد أقسام الورنية ،

. يبلغ طول ورنيات البوصات بوجه عام  $\frac{9}{11}$  طول وحدة القياس المستعملة، ويتضح ذلك من (شكل ٣٨) حيث نجد مسطرة مقسمة إلى بوصات وكل بوصة مقسمة إلى عشرة أقسام صغرى . فإذا قسنا طول الورنية المركبة فيها وجدناها تساوى تسعة أقسام فقط من أقسام البوصة ، أى أنها تساوى  $\frac{9}{11}$  بوصة . وقد قسمت الورنية بدورها إلى عشرة أقسام متساوية : فإذا كانت ١٠ أقسام على الورنية  $= ٩$  أقسام من البوصة .

∴ كل قسم من الورنية  $= \frac{9}{11}$  قسم من أقسام البوصة .

أى  $= \frac{9}{11}$  عشر البوصة .

أى  $= \frac{9}{11}$  من البوصة .

أى أن  $\frac{1}{11}$  الورنية يقل عن  $\frac{1}{11}$  البوصة بمقدار عشر عشر بوصة أى  $\frac{1}{11}$  من البوصة فكان الورنية تستطيع أن تقيس  $\frac{1}{11}$  من البوصة .

فإذا نظرنا إلى الخط ١٦ الواقع بين صفر الورنية وصفر المسطرة وجدنا أن طوله يساوى ٣ بوصات و  $\frac{6}{11}$  من البوصة وجزءا من عشر البوصة ، أى جزءا من مائة من البوصة . فهمة الورنية هى تقدير هذا الجزء المجهول من عشر البوصة .

وحيث أنه فى هذه الورنيات الأمامية تحدد عادة قيمة  $s$  بأن يقابل طول  $n$  أقسام منها على الورنية طولاً على الحافة يساوى  $(n - ١)$  من أصغر أقسامها .

أو بعبارة أخرى  $n \times s = (n - ١) \times s$

$$\therefore s = \left( \frac{n-1}{n} \right) \times s$$

وبالمثل نحدد الورنات الخلفية وفقاً للحساب الآتى باستخدام نفس الفروض السابقة :

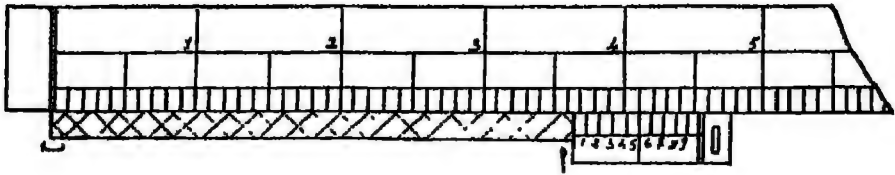
طول الورنية  $= n \times s$

الطول الذى يقابل الورنية على الحافة  $= (n + ١) \times s$

أى أن  $n \times s = (n + ١) \times s$

$$\therefore s = \left( \frac{n+1}{n} \right) \times s$$





( شكل ٣٨ )

أنظر إلى كل من أقسام الورنية العشرة والأقسام الملائقة لها من المسطرة ، تلاحظ أن قسماً واحداً فقط من الورنية هو الذى يتفق مع القسم الذى فوقه من المسطرة ( وهو القسم الخامس من الورنية ) أما بقية أقسامها فمختلفة مع أقسام المسطرة بدرجات متفاوتة :

وعلى ذلك يكون طول الجزء المجهول من عشر البوصة هذا هو  $\frac{1}{10}$  منه أى  $\frac{1}{10}$  من البوصة فكان طول الخط ا ب بالضبط  $= 3 + 0.6 + 0.05 = 3.65$  بوصة .

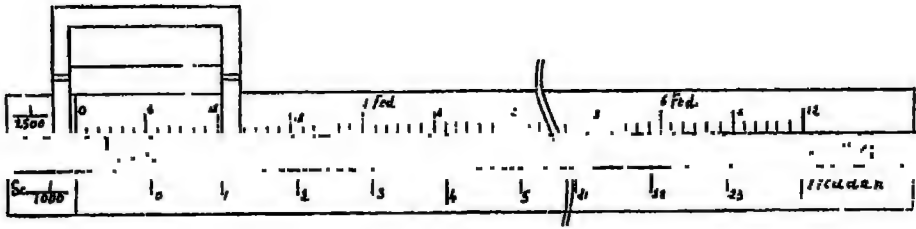
هذا ولا تختلف ورنية السنتيمترات أو اللوجات أو غيرها عن ورنية البوصات من حيث الفكرة إلا أنها أصعب قراءة لصغر أقسامها نسبياً .

أما أهم الآلات المستخدمة فى قياس المساحات من الخرائط فهى :

#### ١ - مسطرة التفتدين : Computing Scale

تستخدم مسطرة التفتدين فى قياس المساحات من الخرائط بقياس  $\frac{1}{4000}$  أو  $\frac{1}{10000}$  وبعضها يستخدم فى الخرائط بقياس ٦ بوصة ، بوصة ،  $\frac{1}{4}$  بوصة للميل . وبعضها يعطينا المساحة بالكيلو متر المربع وبعضها يعطينا المساحة بالميل المربع أو بالبوصة المربعة وبعضها الآخر يعطينا المساحة بالفدان . والنوع المستخدم فى مصر يعطينا المساحة بالفدان ، ولذلك فسيقتصر شرحنا على هذا النوع .

تركب مسطرة التفتدين من مسطرة عادية من الخشب يبلغ طولها نحو ستين سنتيمتراً . ويوجد فى وسطها وفى اتجاه طولها مجرة تنزلق فيها قطعة معدنية مثبت بها إطار معدنى Cursor بارز عن حافة المسطرة ومركب فى وسطه سلك رفيع ، اتجاهه عمودى على طول المسطرة ويعرف بالشعرة . وقد أطلق عليها اسم مسطرة التفتدين لأنها مقسمة ومدرجة بحيث تقيس المساحات مباشرة بالفدان وكسوره بالقيراط . أما أجزاء القيراط ( السهم ) فيقدر بواسطة ورنية مدرجة على الإطار .



مسطرة التفدين

(شكل ٣٩)

وحيث أن جميع الخرائط الكبيرة المقياس والتي تحتاج دائماً إلى قياس المساحات منها في مصر مرسومة بمقياس  $\frac{1}{2500}$  ، فقد رتب على ذلك تقسيم المسطرة المستعملة هنا وتدرجها على أساس هذين المقياسين وخصص كل جانب من جانبيها لأحدهما .

#### أساس تقسيم مسطرة التفدين :

بنى تقسيم مسطرة التفدين على أساس أن مساحة المستطيلات التساوية العرض والمتغيرة الطول تناسب طردياً مع أطوالها ، وقد اعتبر في تقسيمها أن عرض هذه المستطيلات الثابت هو عشرون متراً بالنسبة لمقياس  $\frac{1}{2500}$  ، وثمانية أمتار بالنسبة لمقياس  $\frac{1}{1000}$  . ويستدل من ذلك على أن الطول الذي يبين على المسطرة مساحة فدان لمقياس  $\frac{1}{2500}$  هو في الواقع طول مستطيل مساحته فدان وعرضه عشرون متراً ، وأن طول الفدان المبين على حرف المسطرة الآخر لمقياس  $\frac{1}{1000}$  هو في الواقع طول مستطيل مساحته فدان واحد وعرضه ثمانية أمتار .

#### تقاسيم حافة المسطرة الخاصة بمقياس $\frac{1}{2500}$ :

مساحة الفدان = ٤٢٠٠٠٨٣ متر مربع .

العرض الثابت المعتبر في الطبيعة ٢٠ متراً يقابل في الورق بمقياس  $\frac{1}{2500}$  طولاً قدره

$$= \frac{1000 \times 20}{2500} = 8 \text{ ملليمترات .}$$

طول المستطيل الذي مساحته فدان واحد في الطبيعة وعرضه عشرون متراً

$$= \frac{4200083}{20} = 210004.15 \text{ متراً .}$$

$$\frac{1000 \times 210.4}{2500} = \text{يقابل هذا الطول بمقياس } 2500/1 \text{ طولاً على الخريطة} \\ = 84.0164 \text{ ر.م.م.}$$

فإذا نقل هذا الطول إلى المسطرة وعين عليها بعلامتين كل منهما عند نهاية من نهايتيه دل ذلك على مساحة فدان واحد . وبالنسبة لأطراف تناسب المساحة مع الطول في حالة ثبات العرض . فإن تقسيم هذا الطول على المسطرة إلى ٢٤ قسماً متساوياً يساوي كل قسم منها مساحة قيراط واحد ، وطول حرف المسطرة هذا مقسم إلى أفدنة وقراريط ومدرج كل ستة قراريط وفدان ويكفي لإيجاد مساحات أقصاها ستة أفدنة ونصف فدان .

#### تقسيم حافة المسطرة الخاصة بمقياس ١ / ١٠٠٠ :

في هذه الحالة نرى أن المسطرة مقسمة بالنسبة لعرض ثابت في الطبيعة قده ثمانية أمتار يمثل على الورق بالنسبة لهذا القياس بطول قدره  $\frac{1000 \times 8}{1000} = 8$  ملليمترات .

وعلى ذلك يكون الطول المحدد على المسطرة للدلالة على مساحة فدان واحد

$$= \frac{4200.82}{8} \times \frac{1000}{1000} = 525.104 \text{ ر.م.م.}$$

وطول المسطرة لا يكفي إلا لتعيين مساحة فدان واحد على حرفها المخصص لهذا القياس .

#### قياس كسور القيراط :

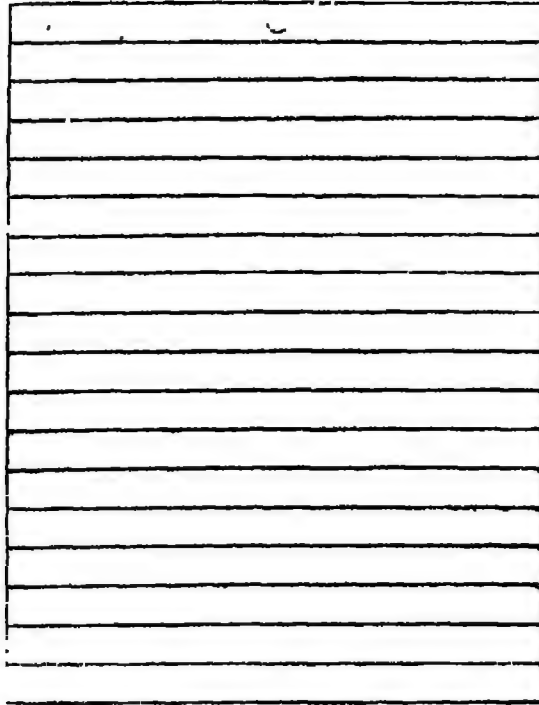
كما سبق نجد أن المسطرة مقسمة على كلا حرفيها إلى أفدنة وقراريط فقط ، أما الأسهم التي هي أجزاء القيراط فاستعمل في تعيينها ورنيتان قسمت كل منهما على أحد حرفي القطعة المعدنية التي تنزلق على طول المسطرة في المجرة التي بوسطها .

والورنية التي تقابل تقاسيم مقياس ٢٥٠٠/١ عبارة عن ورنية أمامية مقسمة لتقرأ إلى سهمين . أما الورنية المقابلة لتقاسيم مقياس ١٠٠٠/١ فهي عبارة عن طول قيراط واحد مقسم إلى ٢٤ قسماً متساوياً يبين كل منها مساحة سهم واحد .

#### طريقة استعمال مسطرة التفدين :

حيث أن عرض المستطيلات الثابت المقسمة على أساسه مسطرة التفدين هو ثمانية

ملليمترات في الورق بالنسبة لكلا القياسين فيلزم والحالة هذه تقسيم الشكل قبل إيجاد مساحته إلى أشرطة متساوية عرض كل منها ثمانية ملليمترات . وهذا الفرض يستعمل مع المسطرة لوح من السيلوليد محفور على أحد وجهيه خطوط متوازية يبعد كل منها عن الآخر بمسافة ثمانية ملليمترات . وقد يستعاض عن هذا اللوح بقطعة من ورق الشفاف ترسم فيها هذه الخطوط بدقة كبيرة .



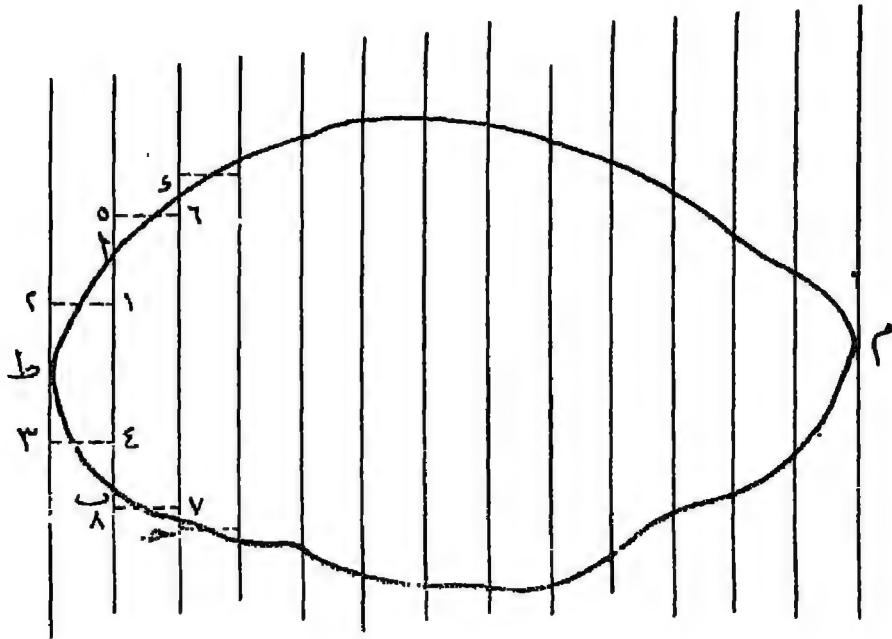
نموذج لوح السيلوليد

شكل (٤٠)

ولإيجاد مساحة شكل محدد بخطوط منحنية كالمبين في (شكل ٤١) يضع إما لوح السيلوليد أو ورقة الشفاف المرسومة فيها الخطوط على الشكل في أحسن وضع بحيث يس خطان من خطوطها نهايتي حدوده ، كما هي الحال عند النقطتين م ، ط ، ثم تأتي بالمسطرة ونضبط موضع الورنية بحيث تقرأ صفراً على تقاسيم الحافة المقابلة لمقياس رسم الشكل ( ٢٥٠٠/١ أو ١٠٠٠/١ ) ونطبق حافة المسطرة على أحد الخطوط المتوازية بحيث يظهر الشريط الأول الضرب داخل فراغ الإطار المعد ونحركها بمحاذاة هذا الخط حتى تأتي الشرة إلى وضع تتمر فيه عمل خط الحذف وإضافة ٣ - ٤ ، كما لو كان مرسوماً ،

وحيثذ بقي المسطرة ثابتة ونحرك الإطار المعدني على طولها حتى يصل إلى وضع تعمل فيه الشعرة عمل خط الحذف والإضافة ١ - ٢ .

في هذا الوضع تكون القراءة التي تحددها الورنية على المسطرة عبارة عن مساحة المستطيل ( ١ - ٢ - ٣ - ٤ ) الذي يكافئ مساحة الشريط ا ط ب .



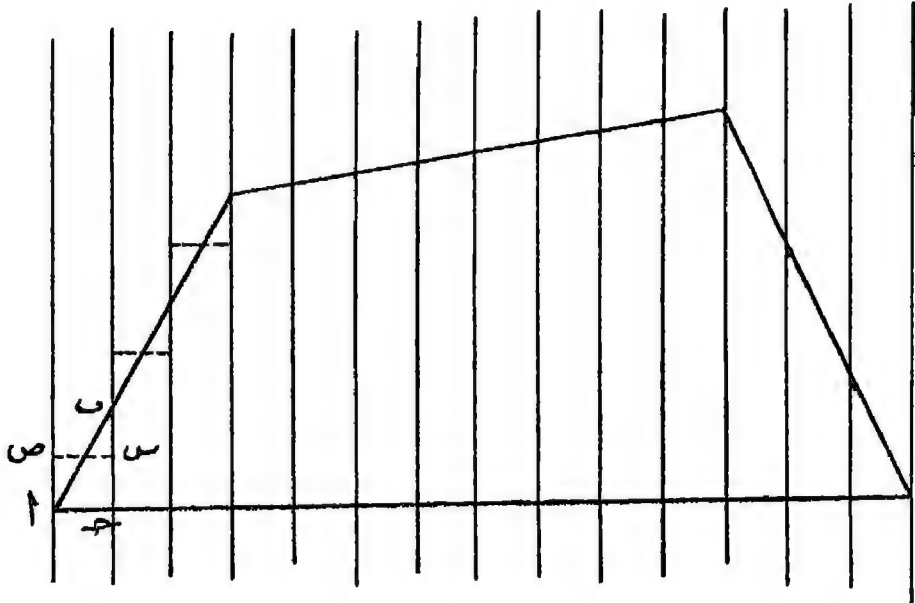
شكل ( ٤١ )

ولإضافة مساحة الشريط الثاني ا ب ج د إلى مساحة الشريط الأول ننقل المسطرة بكليتها مع بقاء الإطار في موضعه الأخير ونطبق حافتها على خط التقسيم التالي للخط الذي كانت منطبقة عليه أولاً ونحركها بمحاذاة هذا الخط حتى تعمل الشعرة عمل خط الحذف والإضافة ٧ - ٨ ، فنثبتها في هذا الوضع ونحرك الإطار حتى يصل إلى وضع تعمل فيه الشعرة عمل خط الحذف والإضافة ٥ - ٦ . وفي هذه الحالة تكون قراءة الورنية على التقاسيم عبارة عن مساحة الشريطين ا ط ب ، ا ب ج د .

وباستمرار العمل كما تقدم حتى آخر شريط في الشكل تكون قراءة الورنية على التقاسيم عبارة عن مساحة الشكل جميعه .

وفي حالة إذا ما لم يسمح طول المسطرة بإيجاد مساحة الشكل جميعه فندون مساحة الجزء الذى يكنه طول المسطرة ، ونضع علامة على آخر شريط نصل إليه ثم نعيد الورنية إلى الى الصفر ، ونستأنف العمل من الشريط التالى ونستمر بالطريقة نفسها حتى نستخرج مساحة الشكل كله .

هذا إذا كانت حدود الشكل مكونة من خطوط منحنية ، أما إذا كانت عبارة عن خطوط مستقيمة كالمبينة فى ( شكل ٤٢ ) فنوجد المساحة بأن نضع اللوح السيوليد أو ورقة الشفاف على الشكل ، بحيث تكون خطوطها متقاطعة مع الأضلاع الطويلة فيه ومتمامدة مع أطوال هذه الأضلاع ، لأن هذا مما يسهل العمل ويترتب عليه زيادة ضبط النتيجة .



( شكل ٤٢ )

ولإيجاد مساحة الشريط  $اب ح$  نجعل الورنية تقرأ صفراً على تقاسيم المسطرة الخاصة بالمقياس المستعمل فى رسم الشكل ، ونطبق حافة المسطرة على أحد الخطوط المتوازية فى اللوح ونحركها بمحاذاة حتى تصل الى وضع تميل فيه الشعرة عمل خط الحذف والإضافة  $س ص$  فنثبت المسطرة ونحرك الإطار على طولها حتى تنطبق الشعرة على الخط  $ا ح$  ، وفى هذا الوضع تكون قراءة الورنية على المسطرة مساوية لمساحة المثلث  $اب ح$  . ويستمر العمل كما سبق شرحه .

ويراعى أثناء تنبيل اللوح في وضعه هذا أن نجعل الشعرة تعمل خط حذف وإضافة واحد عوضا عن خطين كما في الحالة السابقة وأن هذا الخط ( أى الشعرة ) في الحالة الثانية يمر بمنتصف اب والخطوط المائلة له في باقى الشكل ، وهذا طبعاً مما يسهل عملية جعل الشعرة تعمل خطوط الحذف والإضافة .

وبما أن درجة دقة النتيجة النهائية من استعمال مسطرة التقدين تتوقف على كيفية استعمالها فيحسن عند إيجاد مساحة أى شكل بواسطتها أن توجد المساحة عدة مرات . ويتميز متوسط هذه المساحات هو مساحة الشكل القريبة ما أمكن من الحقيقة .

ولما كان القياس العملى لدقة استعمال المسطرة هو الفرق بين قراءتها في كل حالة فيجب إذن ألا تمتدى هذه الفروق حد العقول . وقد وضعت مصلحة المساحة المصرية حدوداً بين مقادير هذه الفروق المسموحة في استعمال مسطرة التقدين .

#### ٢ — البلاينيتر : Planimeter

البلاينيتر آلة صغيرة تستخدم في حساب مساحة المسطحات غير المنتظمة ، وتتركب من دراعين ( ١ ) ، ( ب ) . ويسمى الذراع ( ١ ) بذراع التخطيط أو القياس Tracer bar . أما الذراع ( ب ) فيعرف بذراع الثقل Anchor bar . وينتهى الذراع ( ١ ) بالإبرة ( ر ) التى تعرف بالرأسم وهى التى تحركها فوق محيط الشكل المراد قياس مساحته .

وينزلق على الذراع ( ١ ) غلاف مكون من عجلة مدرجة رأسية ( ع ) تسمى عجلة القياس Measuring Wheel تدور حول محور أفقى ( ح ) مواز للذراع ( ١ ) ويتصل هذا المحور بقرص أفقى ( ل ) مدرج ومقسم إلى عشرة أقسام متساوية . أى أن حركة القرص متصلة بحركة العجلة عن طريق هذا المحور ( ح ) وتنزلق عجلة القياس على ورنية مقوسة ( و' ) .

وقد ثبت في الغلاف ورنية أخرى مستقيمة ( و ) تنزلق على مسطرة الذراع ( ١ ) . ويمكن ربط الغلاف كله بمسامير للحركة السريعة هى م' ، م' ، م' ، ومسامير للحركة البطيئة ( ن ) .

أما عن ذراع الثقل ( ب ) فينتهى أحد طرفيه بالثقل ( ق ) بينما يتصل طرفه الآخر بذراع التخطيط المتحرك في النقطة ( د ) بواسطة محروط صغير يدخل في ثقب بالغلاف الذى ينزلق عليه . فإن تحركت الإبرة ( ر ) تحركت معها العجلة ( ع ) أى عجلة القياس .

### طريقة استعمال البلاينيومتر :

أول خطوة في استعمال البلاينيومتر في قياس المساحات هو أن نعين طول الذراع (أ) حسب مقياس رسم الخريطة ، وذلك بالاستمالة بالجدول المرفق بعلبة البلاينيومتر . وفي الشكل (٤٣) نجد مثالا لجزء من هذا الجدول ، ثم نحرك الغلاف على الذراع (أ) بعد فك مساميره م<sup>١</sup> ، م<sup>٢</sup> ، م<sup>٣</sup> إلى أن نحصل على الطول الذي استخرجناه من الجدول المذكور بالتقريب فنربط المسار م<sup>١</sup> فقط ، ونحرك المسار (ن) الخاص بالحركة البطيئة إلى أن نحصل على الطول المطلوب بالضبط بواسطة الورنية (و) التي تنزلق على مسطرة ذراع التخطيط .

ثم نثبت الذراع (ب) في الذراع (أ) ونثبت الثقل على الورقة بحيث يكون بعيداً عن حدود الشكل المراد قياس مساحته ، ثم نعين نقطة البدء التي سنبدأ منها حركة الإبرة (ر) . وبعد التأكد من أن صفر الورنية (و<sup>١</sup>) يشير إلى صفر المجلة (ع) ، وأن مؤشر القرص الأفقي (ل) يشير إلى الصفر أيضاً ، نبدأ القياس بتحريك الإبرة فوق محيط الشكل المطلوب قياس مساحته في اتجاه عقرب الساعة فنلاحظ أن عجلة القياس تتحرك مع حركة الإبرة تارة إلى الأمام وتارة إلى الخلف ويتحرك تبعاً لها القرص الأفقي .

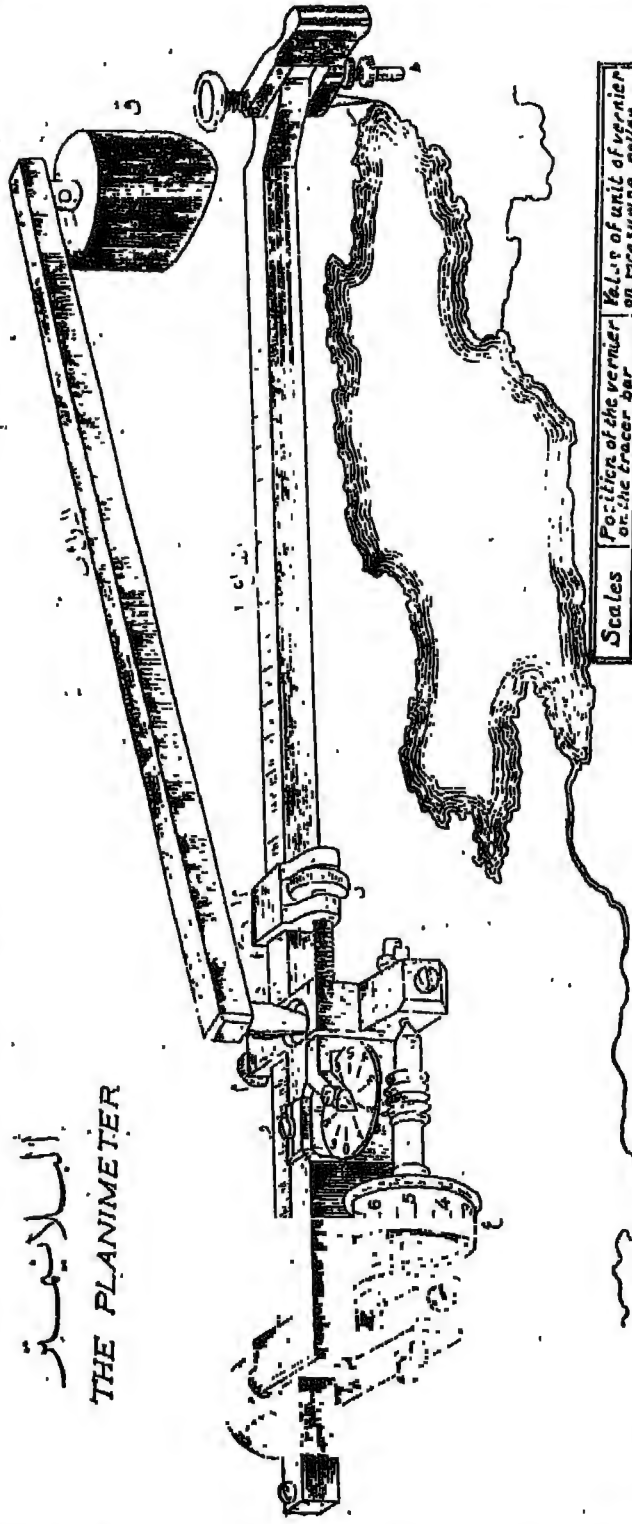
ونلاحظ أن المجلة (ع) مقسمة إلى ١٠٠ قسم ، وأن كل لفة كاملة لهذه المجلة تسجل قسماً واحداً على القرص الأفقي الذي ينقسم بدوره إلى عشرة أقسام كما ذكرنا . ولدقة القياس ركبت الورنية (و<sup>١</sup>) على المجلة (ع) لكي يمكن قراءة الأجزاء العشرية لكل قسم من أقسامها المائة .

وعلى ذلك تكون مهمة الورنية (و<sup>١</sup>) قراءة آحاد الرقم الذي نحصل عليه من القياس ، أما المجلة (ع) فنقرأ عليها عشرات الرقم ومئاته ، وأما القرص الأفقي فنقرأ عليه ألوف الرقم .

فإذا فرضنا أن القرص كان يبين ١ وكسر ، وصفر الورنية على عجلة القياس يبين ٦٤ وكسر ، والورنية (و<sup>١</sup>) تقرأ ٤ فتكون القراءة الكلية للرقم الذي سجله البلاينيومتر كالآتي ١٦٤٤ من الوحدات البلاينيومترية .



# البلانيمتر THE PLANIMETER



Scales	Position of the vernier on the tracer bar	Value of unit of vernier on measuring roller
1:500	213.4	40 mm <sup>2</sup>
		6.4 mm <sup>2</sup>

(شكل ٢٣)

### حساب المساحة :

نمين الطول اللازم لذراع التخطيط (١) حسب مقياس رسم الخريطة المستعملة ، وذلك بالاستعانة بالجدول المرفق بعلبة البلاينيتر<sup>(١)</sup> . فللحصول على مساحة قطعة أرض مرسومة بمقياس معلوم وليكن  $\frac{1}{25000}$  نبحت في الجدول عن طول ذراع التخطيط المناسب لهذا المقياس وليكن ٢١٣ر٤ .

ثم نحرك الغلاف على ذراع التخطيط (١) إلى أن يقع صفر الورنية (و) المتصلة بالغلاف على الرقم المطلوب على مسطرة ذلك الذراع ويساعدنا في تحريك الورنية مسار الحركة البطيئة (ن) . فإذا ما جاء صفر الورنية أمام الطول المطلوب على المسطرة بالضبط ربهنا مسامير الحركة السريعة م<sup>١</sup> ، م<sup>٢</sup> ، م<sup>٣</sup> لتثبت الغلاف في ذراع التخطيط .

وبعد أن نمين نقطة البداية على محيط الشكل المطلوب قياس مساحته نبدأ عملية القياس بتحريك الإبرة (ر) فوق المحيط بكل دقة إلى أن نصل إلى النقطة التي بدأنا منها ، فنقرأ الأرقام التي سجلها كل من القرص الأفقي وعجلة القياس (ع) والورنية (و) . ويوضع الرقم الذي سجلته الورنية — وليكن (٤) — في الآحاد ، والرقم الذي سجلته العجلة — وليكن (٦٤) — في العشرات والمئات ، والرقم الذي سجله القرص الأفقي — وليكن (١) — في الألوف ، فنكون بذلك قد حصلنا على الرقم الدال على مساحة الشكل المطلوب بالوحدات البلاينيمترية وهو ١٦٤٤ وحدة .

ولتحويل هذه الوحدات إلى أمتار مربعة نرجع إلى الجدول لنرى ما تساويه الوحدة البلاينيمترية — حسب مقياس الرسم — من الأمتار المربعة ، وليكن ٤٠ متراً مربعاً .

وبضرب المساحة البلاينيمترية في هذا الرقم (٤٠) نحصل على المساحة الفعلية للشكل بالأمتار المربعة وهي :  $1644 \times 40 = 65760$  متراً مربعاً .

(١) الجدول الموجود وعلبة البلاينيتر مكون من ثلاثة أقسام : القسم الأيسر مخصص لمقاييس الرسم السائدة الاستعمال . وفي القسم الأوسط تجد الأطوال المختلفة لذراع التخطيط ولكل مقياس الطول المناسب له على مسطرة ذراع التخطيط ، ثم القسم الأيمن وهو مخصص للمعامل الذي تضرب فيه المساحة بالوحدات البلاينيمترية للحصول على المساحة بالأمتار المربعة . وهذا المعامل عبارة عما تساويه الوحدة البلاينيمترية من الأمتار المربعة أو المليمترات المربعة حسب مقياس الرسم المستعمل .

هذا عن القياس إذا كانت الخريطة المستعملة مرسومة بواحد من مقاييس الرسم المذكورة في الجدول المرفق بعناية البلاينيتر . أما إذا أردنا القياس على خريطة لا ذكر لقياسها في الجدول - كقياس  $\frac{1}{25000}$  مثلاً - فإننا نختار أى مقياس من مقاييس الجدول وليكن  $\frac{1}{10000}$  ونفرض أن الخريطة مرسومة على أساسه ، ونجرى عملية القياس كالعتاد إلى أن نحصل على النتيجة النهائية للقياس ولتكن ٧٥٠ متراً مربعاً ، ثم نحول هذه النتيجة إلى المساحة الحقيقية المطلوبة ، وذلك بضرب هذه المساحة ( ٧٥٠ م<sup>٢</sup> ) في مربع النسبة بين المقياسين هكذا :

$$\begin{aligned} & \left[ \frac{\frac{1}{10000}}{\frac{1}{25000}} \right] \times 750 \\ & \left( \frac{25000}{10000} \right) \times 750 = \\ & (25) \times 750 = \\ & 18750 \times 750 = \\ & = 468750 \text{ متراً مربعاً .} \end{aligned}$$

ويجب ألا ننسى أن تمرير إبرة البلاينيتر فوق محيط الشكل لا يمكن أن يعطينا نتيجة صحيحة صحيحة مطلقة ، لأن اليد التي تحرك الإبرة قد تخرج عن محيط الشكل فيؤدى ذلك إلى زيادة أو نقص في المساحة التي نحصل عليها . ولتلافى هذه الأخطاء يجب أن تحسب المساحة البلاينية ثلاث مرات على الأقل ويؤخذ متوسط المساحات الثلاث ليضرب فيما تساويه الوحدة البلاينية من الأمتار المربعة فنحصل بذلك على المساحة الحقيقية تماماً .

## تكبير الخرائط وتصغيرها:

كثيراً ما يضطر الجغرافى إلى تكبير الخرائط أو تصغيرها ، ولذلك كان من الضرورى أن يلم بالطرق المختلفة التى تمكنه من إجراء هذه العملية بسهولة .

وهناك طرق مختلفة للتكبير والتصغير يمكن تصنيفها كما يلى :

أولاً : الطرق التخطيطية Graphical methods .

ثانياً : الطرق الآلية Instrumental methods .

ثالثاً : الطرق الفوتوغرافية Photographical methods .

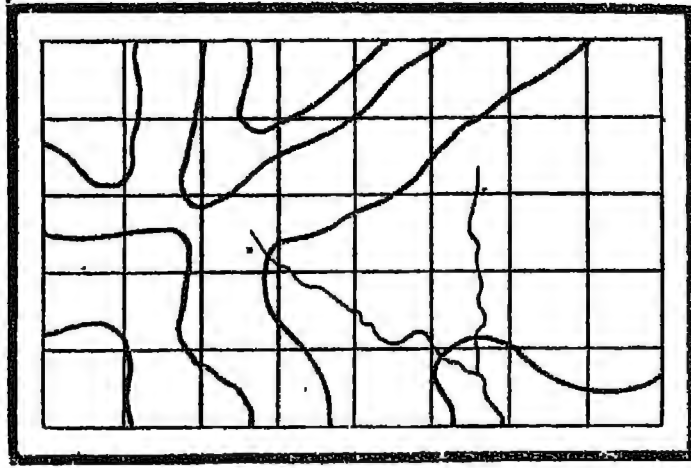
## أولاً الطرق التخطيطية

١- طريقة المربعات : Method of Squares

إذا كان المطلوب تصغير خريطة ما بهذه الطريقة فيم ذلك كالآتى :

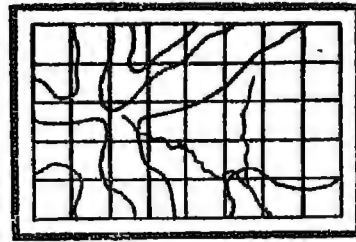
تقسم الخريطة المرسومة إلى عدد من المربعات المتساوية باستخدام المسطرة والقلم الرصاص أو بإجراء ذلك التقسيم على ورقة شفاف يمكن وضعها على الخريطة ، ثم نرسم على ورقة بيضاء عدداً من المربعات يساوى عدد المربعات التى قسمنا إليها الخريطة على أن يكون طول ضلع المربع متناسباً مع نسبة التصغير المطلوبة ، فإذا كان طول ضلع المربع من الخريطة المرسومة فعلاً هو ٢ سم مثلاً وكان المطلوب تصغيرها إلى نصف مقياسها فيجب أن يكون طول ضلع المربع فى الرسم الجديد ١ سم . وإذا كان عدد المربعات فى كل من الخريطة والرسم كبيراً يحسن ترقيمها فى كل منهما خشية الخلط بين بعضهما البعض الآخر .

بعد ذلك ننقل التفاصيل الموجودة داخل كل مربع على الخريطة فى المربع الذى يمثله على الرسم حتى يتم نقل التفاصيل الموجودة بجميع المربعات — أو بمعنى آخر بكل الخريطة — مصغرة إلى النصف تبعاً لنسبة طول ضلع المربع فى الخريطة التى يجرى رسمها إلى طوله على الخريطة الأصلية ، وهذه العملية تحتاج إلى دقة وعناية كما تتطلب شيئاً من التمرين .



خريطة أصلية متلويب تصغيرها

(شكل ١٤٤)



الخريطة بعد تصغيرها

(شكل ١٤٥ ب)

وعند نقل التفاصيل الموجودة على الخريطة مصغرة إلى النصف مثلاً يجوز اختصار بعض هذه التفاصيل إذا رأى أن نقلها كاملة سيؤدي إلى ازدحام الخريطة وتشويهها . كذلك ينبغي ألا تراعى نسبة التصغير عند نقل الرموز أو العلامات الإصطلاحية وكذلك الكتابة الموجودة على الخريطة إذ قد يكون في تصغيرها إلى النصف ما يجعلها غير واضحة أو مطموسة ، فيجوز في هذه الحالة نقلها بمقياسها أو تصغيرها إلى الحد الذي تحتفظ فيه بوضوحها . ومثل هذا النقل لا يؤثر إطلاقاً على مقياس الخريطة المطلوب ، لأن مثل هذه العلامات أو الكتابات لا تخضع لأى مقياس للرسم .

ويلاحظ في هذه الطريقة أنه كلما زاد عدد المربعات وبالتالي صغرت مساحتها كلما كان التصغير أكثر دقة ، كما يلاحظ أن تصغير أو تكبير مقياس الرسم هو تصغير أو تكبير (م ١٣ - الخرائط)

لا لمساحة كل مربع ولكن لطول كل ضلع من أضلاع أى مربع على حدة ، وبالتالي هو تصغير أو تكبير لطول الخريطة وعرضها ، ذلك أننا إذا أردنا تكبير خريطة ثلاث مرات وكان طول ضلع المربع فى الخريطة الأصلية ١ سم ، ينبغى أن يكون طول ضلع المربع فى الرسم ٣ سم ، ومعنى هذا أن مساحة كل مربع فى الخريطة الجديدة ستكون تسعة أمثال مساحته فى الخريطة الأصلية ، وخلاصة ذلك أن مقياس الرسم ينطبق على أطوال الأضلاع لا على المساحات .

أما إذا كان المبالوب تكبير الخريطة فتم خطوات العمل بطريقة عكسية ، فإذا أريد مثلاً تكبير الخريطة إلى أربعة أمثال مقياس الرسم وكان طول ضلع المربع فى الخريطة الأصلية ١ سم ، ينبغى أن يكون طوله فى الخريطة الجديدة ٤ سم . ويراعى أيضاً عدم تكبير العلامات الإصطلاحية والكتابة إلى أربعة أمثال مقياسها إلا إذا كان الأمر يدعو إلى ذلك ، كأن تكون الخريطة الجديدة المكبرة ستستخدم خريطة حائطية مثلاً .

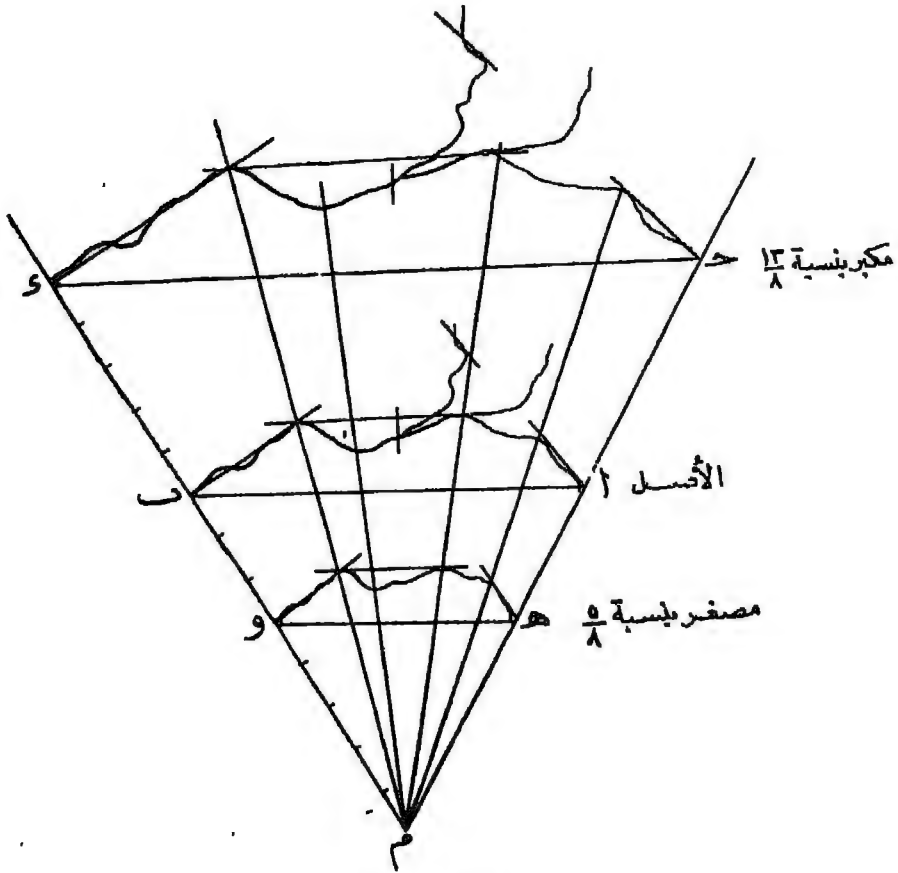
#### ٢- طريقة المثلثات المتماثلة : Method of similar triangles

تستخدم هذه الطريقة فى تكبير أو تصغير مجرى نهري أو طريق أو خط حيدى أى أنها لا تستخدم إلا بالنسبة للمناطق الضيقة التى يصعب استخدام طريقة المربعات فيها .

فلنفرض أن لدينا خريطة لمجرى نهر ( كما فى شكل ٤٥ ) والمطلوب تكبيرها بنسبة  $\frac{1}{8}$  فتم العمالية على النحو التالى :

نمد خطاً يصل طوليا بين طرفى النهر فى الخريطة كالخط ا ب ثم ننصف هذا الخط ، ومن نقط التنصيف نقيم عموداً وعلى هذا العمود نختار نقطة ما ولتكن م ، ويلاحظ أنه كلما كانت هذه النقطة المختارة بعيدة عن الخط ( ا ب ) كلما كان العمل أكثر دقة ، ثم نصل بين نقطة ( م ) وبين طرفى النهر أو بمعنى آخر نصل بين ( م ، ا ) وبين ( م ، ب ) ثم نقسم الخط ( م ا ) أو ( م ب ) إلى ثمانية أقسام متساوية ونمد الخطين على استقامتهما ونوقع على أحدهما خمسة أقسام أخرى ، كلا منها يساوى قسماً من الأقسام الثمانية السابقة ، ثم نرسم من نهاية القسم الثالث عشر خطاً موازياً للخط ( ا ب ) وليكن ( ح د ) ، فيكون الخط ( ح د ) فى هذه الحالة هو ما بمائل ( ا ب ) مكبراً عنه بنسبة  $\frac{1}{8}$  وهى نسبة المسافة ( ح م ) إلى المسافة ( ا م ) .

وبعد ذلك نحدد على الخريطة النقط التي ينشئ عندها النهر أو التي يلتقي فيها بروافده ، وكلما كانت هذه النقط كثيرة كلما ساعد ذلك على دقة العمل أيضاً ، ثم نصل بين ( م ) وبين كل من هذه النقط ، ونعد كل خط على استقامته حتى يصل إلى الخط ( ح د ) أو بمعنى آخر على بعد منه يساوى  $\frac{1}{8}$  من بعده عن الخط ( ا ب ) . كل ذلك يساعد كثيراً على رسم تفاصيل مجرى النهر مكبراً على الإطار الكبير ( ح د ) وعلى الخطوط المساعدة التي يستلزم الأمر رسمها .



( شكل ٤٥ )

ثم نرمم النهر مكبراً معتمدين على العين المجردة في ملاحظة تفاصيله ( راجع الرسم ) . أما إذا كان المطلوب تصغير مجرى النهر بنسبة ٨ : ٥ فترسم خطاً موازياً للخط ( ا ب ) من نهاية القسم الخامس على الخط ( م ب ) وليكن هذا الخط هو ( هـ و ) ، وهو ما يتأثل الخط ( ا ب ) مصغراً عنه بنسبة طول ( م هـ ) إلى طول ( م ا ) أى بنسبة ٨ : ٥

بنفس الطريقة السابقة يتم — بالاستعانة ببعض الخطوط المساعدة — تصدير مجرى النهر على طول الخط ( ه و ) بالنسبة المطلوبة ،

### ثانياً : الطرق الآلية

أهم الأجهزة المستخدمة في التكبير والتصغير هي :

١ — فرجار التناسب Proportional Compass .

٢ — البانتوجراف Pantograph .

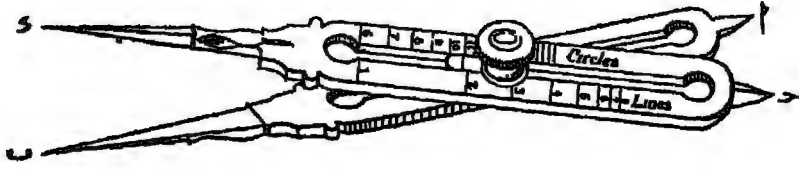
وكان فرجار التناسب هو الجهاز الشائع استخدامه في تلك العملية ، إلى أن اخترع البانتوجراف فاحتل مكانه وقلل من استخدامه .

#### ١ — فرجار التناسب :

يتركب من ساقين معدنيتين ( ا ب ، ح د ) ينتهيان من طرفيهما بسنن مديبين ، وفي وسط كل من الساقين فتحة طولية تتحرك فيها قطعة معدنية وفي وسطها ثقب يمر به مسبار محوى . ويمكن تغيير محور الارتكاز على طول الفتحة الطولية كيفما نريد ، وتتغير تبعاً لذلك المسافة بين السنين ( ا ، ج ) والمسافين بين السنين ( ب ، د ) كما تتغير النسبة بينهما وعلى هذا الأساس بنى عمل فرجار التناسب .

ويوجد في وجهه كائتا الساقين على جانبي الفتحة الطولية تقاسيم مدرجة على شكل مسطرة ومحفور في وجه كائتا القطعتين المدينتين خط واحد مواز لهذه التقاسيم ، ومكتوب على كل مسطرة إحدى هذه الكلمات ( Lines, Circles, Solids, Plans ) ومعناها على التوالي ( خطوط — دوائر — أجسام — مسطحات ) وذلك للدلالة على استعمال كل منها ، فالمسطرة المكتوب عليها Lines لا تستعمل إلا في حالة نقل الخطوط المستقيمة من خريطة إلى أخرى مكبرة أو مصغرة بالنسبة التي تبينها خطوط المسطرة بين المنتهتين ( ا ج ، ب د ) .





شكل (٤٦) فرجار مناسب

وقد قسمت مسطرة الخطوط المستقيمة مثلاً على أساس أننا نثبتنا القياسة المعدنية في أي وضع على طول الفتحة الطولية وربطنا السمار المحوى وفتحنا الفرجار أية فتحة كانت النسبة بين الفتحة (ا، ج) والفتحة (ب، د) كنسبة الواحد الصحيح إلى رقم تقاسيم المسطرة المنطبق على الخط المحفور في القطعة المعدنية .

ولاستخدام فرجار التناسب في تصغير خريطة ما لأية نسبة ولتكن  $\frac{1}{4}$  مثلاً ، نحرك القطعتين معاً في الفتحة الطولية الطولية حتى ينطبق الخط الذي بأحدهما على الخط المرقوم ٤ على مسطرة الخطوط ونربط السمار المحوى جيداً ثم نفتح الفرجار ونأخذ الأبعاد من الخريطة بالسنتين (ب، د) الكبيرين ونوقعها على الخريطة الجديدة المصغرة بالسنتين (ا، ج) الصغيرين .

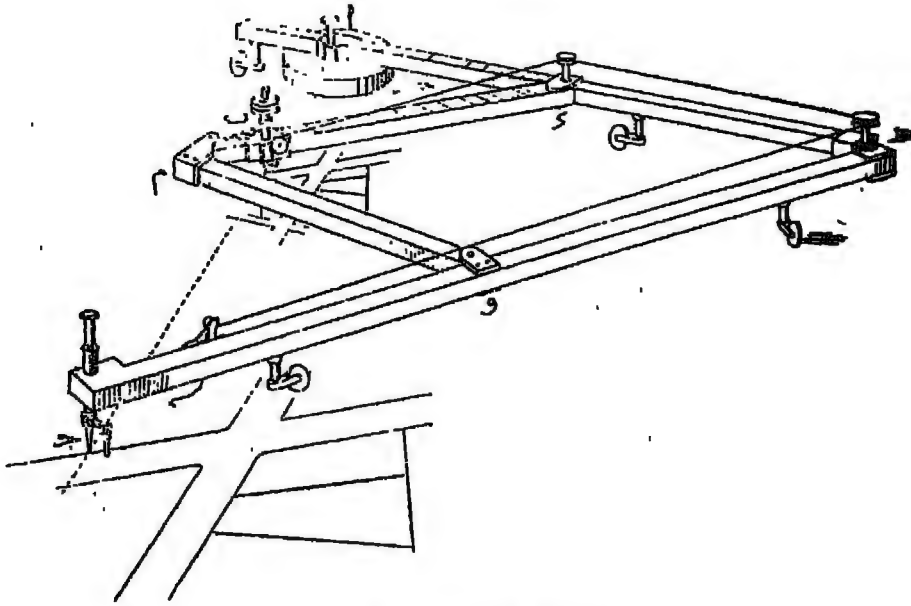
أما في حالة التكبير فضبط الفرجار على نسبة التكبير المطلوبة ، وننقل الأبعاد من الخريطة الأصلية بالسنتين (ا، ج) الصغيرين ونوقعها على الخريطة الجديدة بالسنتين (ب، د) الكبيرين أي على عكس الحالة الأولى .

وتتبع نفس الطريقة في استعمال المساطر الثلاث الأخرى ، فمثلاً في حالة تصغير أو تكبير دوائر معلومة ، يضبط الفرجار على نسبة التكبير أو التصغير المطلوبة التي تعينها في هذه الحالة المسطرة الخاصة بالدوائر ، وتنقل أنصاف الأقطار من الخريطة الأصلية بالسنتين الصغيرين وتوقع على الخريطة الجديدة بالسنتين الكبيرين في حالة التكبير والعكس بالعكس .

ومن عيوب استخدام فرجار التناسب في تكبير الخرائط وتصغيرها أنه لا يساعد على تحديد الاتجاهات والتفاصيل بالنسبة لبعضها البعض .

## ٢ - البانتوجراف :

يتركب البانتوجراف (ويسمى أحياناً البانتاجراف Pantagraph) في أبسط أشكاله من أربع سيقان من المعدن أو الخشب ، مربوطة ببعضها ببعض ربطاً مفصلياً في النقط م ، د ، هـ ، و ، بحيث تكون جميع الأجزاء المحصورة منها بين المفصلات متساوية ، أو تكون أجزاء كل قضيبين متقابلين متساوية ، وينتج من ذلك أن المفصلات تكون في الحالة الأولى ر، و س معين ، وفي الأخرى ر، و س متوازي أضلاع . ومعنى ذلك أن يكون في أى وضع من أوضاع الجهاز كل قضيبين متقابلين متوازيين .



( شكل ٤٧ ) البانتوجراف

ومثبت بالجهاز ثقل معدني (١) كما أن به قطعتين معدنيتين ( ب ، د ) تزاومان على طول القضيبين م د ، هـ و على الترتيب ، يمكن تركيب قلم الرصاص في إحداها وربط إبرة تخطيط بالأخرى ، ويكون دائماً سن الإبرة وطرف القلم الرصاص على استقامة واحدة . وقد درجت الساقان هـ و ، م د بالنسبة لوضعي ب ، د إليهما بحيث تكون نسبة

$$\frac{د}{هـ} = \frac{ب}{ا} \text{ دائماً . ومكتوب على الساقين هـ و ، م د القيم المختلفة لهذه النسبة والتي}$$

تنشأ عن تغيير وضع النقطتين ب ، د على الساقين .

فإذا فرضنا أن س هي مسافة تحرك النقطة هـ. حول ب، ص هي مسافة تحرك النقطة ح حول أ.

$$\frac{س}{ص} = \frac{ب د}{ا هـ} = \frac{ا د}{ا هـ}$$

فإذا كان المطلوب تكبير أى شكل أو تصغيره لأية نسبة، تثبت النقطة (ب) في الموضع المقابل لنسبة التكبير أو التصغير المطبوعة وتكرر إبرة التخطيط حول محيط تفاصيل الخريطة المطلوب تكبيرها أو تصغيرها، فيرسم القلم الرصاص من تلاقؤ نفسه شكلاً مماثلاً للأول بالضبط مكبراً أو مصغراً بالنسبة المطلوبة.

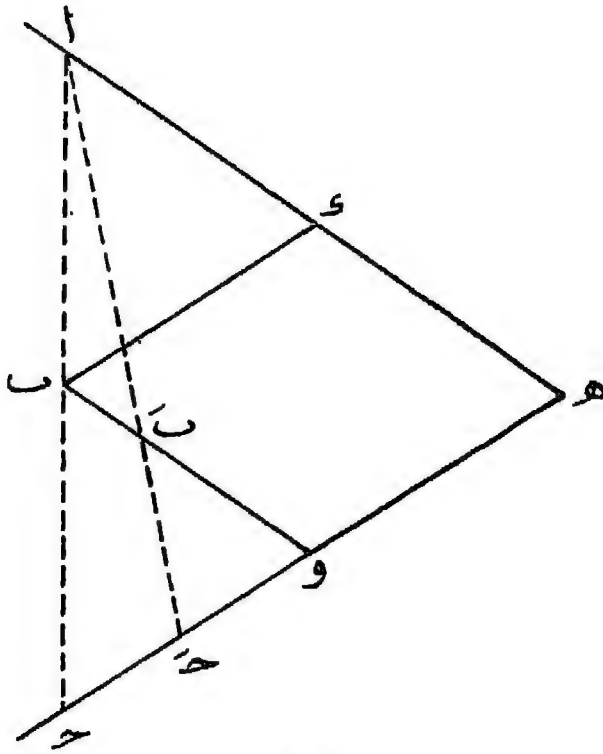
ويلاحظ أنه في حالة التكبير توضع إبرة التخطيط في (ب) والقلم الرصاص في (ح)، أما في حالة التصغير فيوضع القلم الرصاص في (ب) وإبرة التخطيط في (ح).

ولتبسيط شرح طريقة عمل الباتوجراف المادى رسماً (الشكل ٤٨) فإذا اعتبرنا نقطة (أ) هي الثقل الذى ينتهى عنده أحد ذراعى الجهاز، وأن نقطة (ح) هي نهاية الذراع الآخر، وأنه على الخط الواصل بين نهايتى الذراع الآخر، وأنه على الخط الواصل بين نهايتى الذراعين تقع نقطة (ب) التى تمثل أحد رؤوس متوازي الأضلاع (ب د هـ و) فإن الجهاز في حركته يأخذ دورتين إحداهما حول نقطة (أ) أى الثقل والأخرى حول نقطة (هـ) التى تمثل نقطة اتصال ذراعى الجهاز.

فإذا وضع سن الإبرة في نقطة (ح) والقلم الرصاص في نقطة (ب) ثم حركنا (ب) بمقدار نصف المسافة التى تصل بينها وبين اثقل (أى نصف ب أ) ثم حركنا (ح) أى (سن الإبرة) فوق أى خط فإن (ب) ستصغر أى مسافة يمر فوقها سن الإبرة إلى النصف.

وإذا تحركت (ح) على طول ذراعها إلى نقطة (ح') مثلاً فإن (ب) تتحرك تبعاً لذلك إلى نقطة (ب'). ويتم التصغير في هذه الحالة بنسبة طول (ح ب) إلى طول (ح أ).

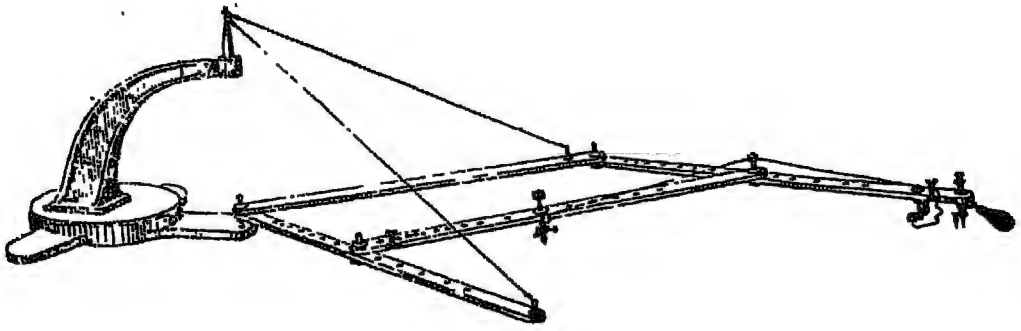
والعييب الأساسى للباتوجراف المادى هو الاحتكاك الذى يحدث لفواصل الجهاز عند تحريكه مما يجعل تتبع تفاصيل الخريطة بسن الإبرة أمراً صعباً.



شكل ( ٤٨ )

وهذا العيب يمكن تفاديه باستخدام نوع آخر من الباتوجراف هو باتوجراف كورادى Coradi Pantograph الذى يمكن أن نطلق عليه اسم الباتوجراف المعلق . وقد ربطت سيقانه الأربع بصورة أخرى كما يتضح من ( شكل ٤٩ ) .

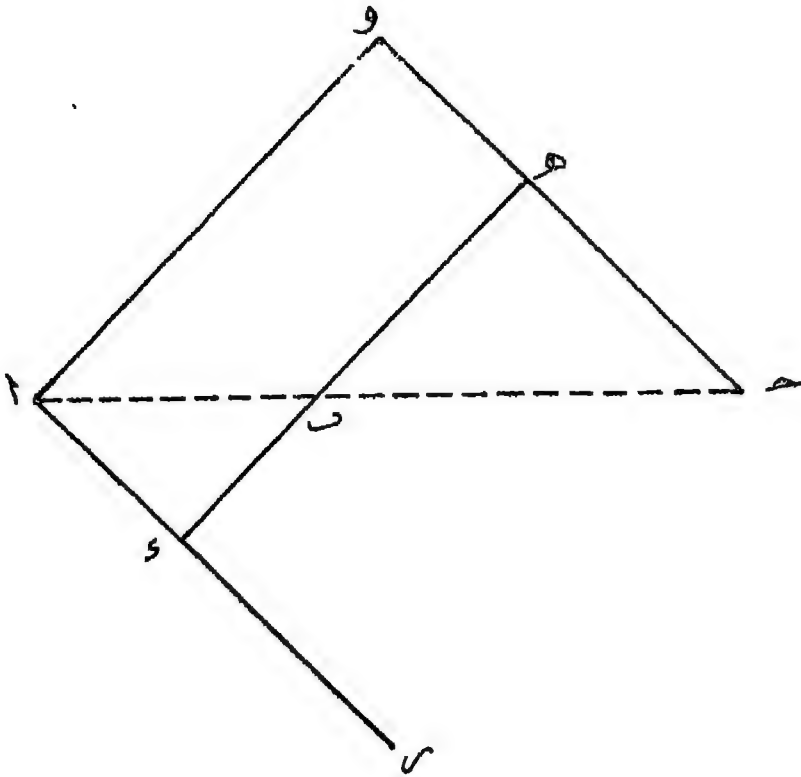
فنقطة ( ا ) تمثل الثقل المعدنى وتقطعتا ( ب ، ح ) تمثلان القلم الرصاص وسن الإبرة على الترتيب فى حالة التصغير ، وتمثلان سن الإبرة والقلم الرصاص فى حالة التكبير . وتظهر الساق ( د هـ ) بالشكل موازية للساق ( ا و ) فيمكن تحريك الساق ( د هـ ) على طول الذراعين ( ا ر ، و ح ) بنسب مختلفة ويترتب على تحريك الساق ( د هـ ) بالشكل المذكور تغير وضع نقطة ( ب ) على طول الخط ( ا ب ) . ومعنى هذا أن نسبة التصغير هى نسبة طول ( ا ب ) إلى طول ( ا ح ) وأن نسبة التكبير هى نسبة طول ( ا ح ) إلى طول ( ا ب ) مهما تغير وضع نقطة ( ب ) تبعاً لتحريك الساق ( د هـ ) على طول الذراعين ( ا ر ، و ح ) .



( شكل ٤٩ )

باتتوجراف « كورادى » أو الباتتوجراف المعلق

وفى هذا الباتتوجراف أمكن تقادى احتكاك مفصل الجهاز عند تشغيله إلى حد كبير باستخدام سلك معلق بين كل من نقطتي ( و ، ر ) وبين الثقل ( ا ) الذى ركب فيه قائم مرتفع لهذا الغرض ، وهذان السلكان يخفضان من الثقل الواقع على العجلة الصغيرة الموجودة قرب نقطة ( ح ) .



( شكل ٥٠ )

ويلاحظ أن كل جهاز بانوجراف مهما كان نوعه مزود بكتيب صغير يحوى تعليمات عن طريقة استخدامه .

كذلك يلاحظ أن البانوجراف أصلح للتصغير منه للتكبير ، ذلك لأن أى خطأ فى تمرير السن المدب على تفاصيل الخريطة الأصلية يترتب عليه فى حالة التكبير مضاعفة هذا الخطأ بنسبة التكبير التى يتم نقل الخريطة بها . ولنفس السبب لا يجوز استخدام البانوجراف فى تكبير الخرائط إلى أكثر من ثلاثة أمثال مقياسها الأصلى ، بل يحسن استخدام الطرق الفوتوغرافية إذا أريد التكبير إلى أكثر من ضعف المقياس الأصلى .

وقد ظل البانوجراف أكثر طرق التكبير والتصغير استخداما إلى أن تقدمت الطرق الفوتوغرافية فقللت من استخدامه .

### ثالثا : الطرق الفوتوغرافية

تستعمل الكاميرا فى تكبير الخرائط أو تصغيرها ، وذلك بأن توضع الخريطة المطلوب تكبيرها أو تصغيرها أمام عدسة الكاميرا وعلى مسافة تتناسب مع نسبة التكبير أو التصغير المطلوبة ، وهذه المسافة تحدد وفقاً لقوانين انعكاسات الضوء من العدسات المستعملة فى الكاميرا نفسها ، وأحيانا يعطى مع الكاميرا جدول خاص مدونة به نسب التكبير أو التصغير ومسافات وضع الصورة الأصلية من العدسة .

ومن الصعب استخدام الكاميرا فى تصوير أية خريطة تزيد أبعادها على  $60 \times 60$  سم بوجه عام . أما فى عملية التكبير فإنه يمكن الاستعانة بالمكبر Enlarger فى تكبير الصورة السلبية Negative للخرائط المصورة بالكاميرا مع الاحتفاظ بدقة خطوطها على ألا تزيد أبعاد الخريطة المكبرة على  $40 \times 50$  سم بصفة عامة .

وثمة جهاز فوتوغرافى آخر يسهل عملية التكبير وذلك بنقل الخريطة الأصلية مكبرة دون الحاجة إلى صورة سلبية Negative وهذا الجهاز هو الايدياسكوب Epidiascope .

وقد تطبع الخريطة المكبرة أو المصغرة بالطرق الفوتوغرافية على لوح من الزنك أو النحاس بطريقة الزنكوغراف Zincograph وتأخذ شكل « كليشي » وتبولى هذه العملية عادة الحفار . وهى طريقة تسهل طبع أى عدد مطلوب من الخرائط بواسطة « كليشي »

الخريطة ، وهذه هي الطريقة المتبعة في خرائط الكتب .

والطرق الفوتوغرافية هي أكثر الطرق استخداماً ، واستخدامها في التصغير أكثر شيوعاً من استخدامها في التكبير ، ذلك أن تصغير أية خريطة بها يخفى ما فيها من « رتوش » وما بخطوطها من عيوب أو « تسايخ » .

وقد جرت العادة في خرائط مصاحبة المساحة وفي خرائط الأطالس أن ترسم الخريطة بمقياس يعادل أربعة أمثال مقياس الرسم المطلوب ثم يتم تصغيرها بالطرق الفوتوغرافية فتظهر الخرائط في النهاية من الدقة والنظافة لدرجة أن الناظر إليها لا يصدق أنها رسمت في أول الأمر بيد رسام .

وينبغي أن تلاحظ في التكبير والتصغير بالطرق الفوتوغرافية أن المقياس الخطي يتم تكبيره أو تصغيره مع الخريطة ، أما المقياس الكتابي فإنه يتغير تبعاً لتكبير الخريطة أو تصغيرها ، ولذلك يجب مراعاة تعديله عند التكبير أو التصغير .

## الفصل الثالث

### مبادئ المساحة

يبحث علم المساحة في كيفية رفع معالم وتفاصيل الطبيعة في أى منطقة من الأرض ورسم خريطة لها بمقياس معلوم .

ولذلك يجب على دارس المساحة أن يلم بالطرق المختلفة لقياس المسافات والزوايا والمساحات وبالتالي عليه أن يدرس الأجزاء اللازمة لكل عمليّة مساحية من حيث تركيب كل منها وطرق استخدامها .

والواقع أن الخريطة بعد رسمها تكون قد مرت في دورين كاملين ، الأول هو العمليّات المساحية التي تسجل بها الظاهرات المختلفة ، ونستخدم في هذه العمليّات أجهزة وأدوات مساحية ، ويتم العمل خلال هذا الدور في المنطقة المطلوب رسم خريطة لها ، ولما كان العمل به يجري في الحقل أو في الميدان فيمكن أن نسميه الدور الحقلّي أو الدور الميدانيّ .

أما الدور الثاني فيتعلق بتوقيع البيانات التي يحصل عليها من الميدان على لوحة من الورق بمقياس رسم محدد بقصد رسم خريطة للمنطقة المسوّحة . ويمكن أن نسمي هذا الدور بالدور المكتبيّ بحكم أنه يتم في المكتب . وتستخدم في هذا الدور أدوات رسم الخرائط .

وينقسم علم المساحة إلى ثلاثة فروع هي :

١ — المساحة الأرضية : وتختص برسم خرائط اليابس باستخدام أجهزة المساحة العادية .

٢ — المساحة البحرية : وتختص برسم معالم البحار والمحيطات مع العناية بقياس الأعماق وتوقيعها على خرائط خاصة ، ونستخدم فيها أجهزة خاصة إلى جانب بعض أجهزة المساحة العادية .

٣ — المساحة الجوية : وهو فرع حديث يستخدم فيه التصوير الجوي من الطائرات



وتجمع الصور الجوية للمنطقة الواحدة بطرق خاصة للحصول على خريطة كاملة للمنطقة المسوحة . وهذه الطريقة الحديثة تقدمت أخيراً وكثيراً استخدامها وهي أكثر دقة وأسرع في الحصول على النتائج وإن كانت تتكافأ أكثر من المساحة الأرضية .

وتقتصر دراستنا — في هذا الفصل — على بعض عمليات المساحة الأرضية .

ويمكن تقسيم المساحة الأرضية إلى فرعين هما :

أولاً — المساحة الجيوديسية ( Geodetical Surveying ) وهي التي تبحث في رسم خرائط المناطق الواسعة المساحة . وتأخذ المساحة الجيوديسية في الاعتبار أن الأرض كروية وبالتالي أن سطح الأرض ليس مستويًا . ويتطلب هذا الفرع — تبعاً لذلك — دراسات رياضية عليا .

ثانياً — المساحة المستوية ( Plane Surveying ) وهي التي تبحث في رسم خرائط المناطق المحدودة المساحة . ويهمل في هذه المساحة كروية الأرض ويعتبر سطح الأرض فيها تجاوزاً — سطحاً مستويًا . ولا تصلح عمليات المساحة المستوية لرسم خريطة لمنطقة تزيد مساحتها على نحو ١٠٠ ميل مربع ( حوالي ٢٥٠ كيلو متراً مربعاً ) .

ويمكن تقسيم المساحة المستوية -- بدورها — إلى فرعين :

أ — المساحة الطبوغرافية ( Topographical Surveying ) والغرض منها رسم خرائط المحافظات والمراكز وما تحويه من ظاهرات طبيعية واصطناعية كالحدود الإدارية والخطوط الحديدية وطرق السيارات بمختلف درجاتها والترع والصارف وحدود مساكن القرى ومزارعها وأماكن الخدمات التعليمية والصحية من مدارس ومستشفيات وما إلى ذلك . .  
وترسم هذه الخرائط في مصر بمقياسين هما مقياس ١ : ٢٥٠,٠٠٠ ومقياس ١ : ١٠٠,٠٠٠ .

ب — المساحة التفصيلية أو الكداسترالية ( Cadastral Surveying ) والغرض منها رسم خرائط تفصيلية بمقياس رسم كبير بحيث يمكن أن تضم من المعالم والتفاصيل ما لا تتسع له الخريطة الطبوغرافية ، كالشوارع والطرق والمباني وحدود الأحواض الزراعية وملكيّات المنازل ، وعلى أساس هذه الخرائط تحسب مساحة الملاكيات وتوثق بالنشر العقاري عمليات بيع وشراء المقار والأتاليان ، ولذلك تعرف هذه الخرائط بخرائط فك الزمام .

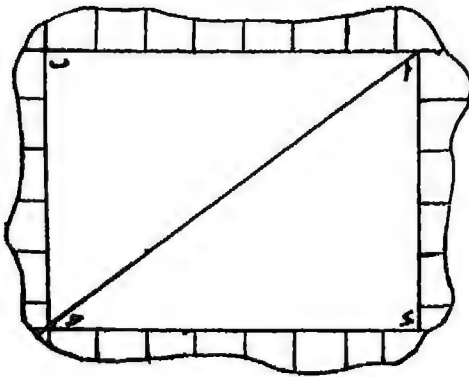
ومقياس الرسم المستخدم لهذا الفرع من الخرائط في مصر هو ١ : ١٠٠٠ : ١٠٠٠٠ : ٢٥٠٠٠ ،  
فضلا عن مقياس ١ : ٥٠٠ لخرائط المدن .

ويتحتم على الجغرافي — أن يلم إلماً تماماً بأصل الخريطة والطرق المختلفة لرسمها ،  
والأدوار التي مرت بها في تاريخ حياتها الحافل ولا شك أن إللم الجغرافي بالمساحة يلقي له  
ضوءاً على كل ذلك .

### المساحة بالجزير

تعتبر المساحة بالجزير أبسط الطرق لعمل مساحة لمنطقة صغيرة ، ولكنها ليست  
بأدقها فضلاً عن أنها بطيئة ولا تخلو من الأخطاء المتعلقة باستخدام الأدوات ولا سيما إذا  
كانت المنطقة تحوى تفاصيل ومعالم كثيرة .

وتجرى عملية المساحة بالجزير بأن تثبت نقطاً في الطبيعة يكون الشكل الناتج من  
توصيلها بعضها ببعض هيكلاً تبنى على أضلاعه التفاصيل المطلوب رسمها ، ثم تقاس هذه  
الخطوط على الطبيعة وتدون هذه البيانات ثم توقع هذه الأبعاد على الورق بمقياس  
رسم معلوم .



شكل ( ٥١ )

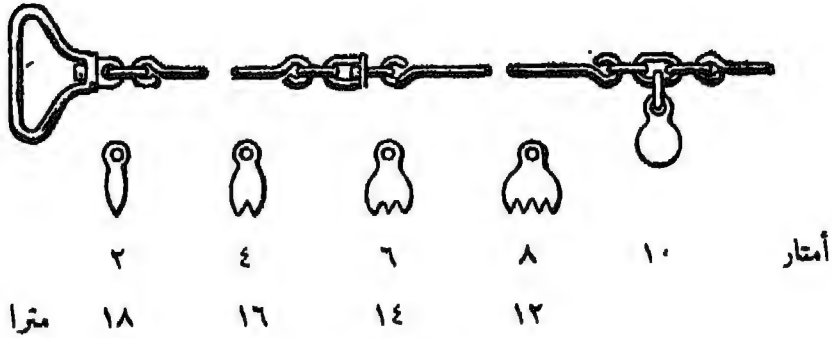
ففي الشكل رقم ( ٥١ ) اختيرت النقط  
ا ، ب ، ج ، د لتكون نقطاً أساسية  
على أن يتخذ من الأضلاع ا ب ، ب ج ،  
ج د ، د ا خطوطاً أساسية تقاس بالجزير ،  
ثم يسقط على هذه الخطوط الأساسية  
أعمدة من نقط مختلفة عديدة من حدود  
الشكل ، وتعرف هذه الأعمدة باسم  
الإحداثيات أو خطوط التحشية .

## الأدوات المستخدمة في المساحة بالجنزير

### الجنزير :

يتألف الجنزير من عقل من الصاب تتصل كل عقلة بالأخرى بثلاث حلقات من نفس المعدن ، وينتهي طرفاه بمقبضين من النحاس .

ويبلغ طول الجنزير عشرين متراً ، ويتكون من مائة عقلة ، طول كل عقلة منها بحلقاتها الثلاث ٢٠ سنتيمتراً . ولسهولة تعيين أى بعد على طول الجنزير بمجرد النظر وضع في نهاية كل عشر عقل علامة من النحاس الأصفر ذات شكل خاص يختلف باختلاف عدد الأمتار الذى تدل عليه . وقد وضعت هذه العلامات على الترتيب من كل من طرفي الجنزير ذى العشرين متراً حتى منتصفه ، وفي المنتصف وضعت علامة على هيئة قرص . أنظر شكل ( ٥٢ ) ولاحظ أن العلامات التى تدل على مترين أو أربعة أمتار أو ستة أمتار . . . الخ في النصف الأول من الجنزير تدل على ١٨ متراً أو ١٦ متراً أو ١٤ متراً في الطرف الآخر .



شكل ( ٥١ ) الجنزير

وطرح الجنزير واستخدامه في القياس طريقة خاصة ، وهو أن تمسك المقبضين معاً باليد اليسرى وتلك من الجنزير عقلتين أو ثلاثة ، ثم تقذف الحزمة باليد اليمنى في اتجاه الخط المطلوب قياسه وبذلك ينفرد الجنزير بالشكل الصحيح ، بينما يبقى المقبضان باليد اليسرى . فإذا تم ذلك أمسك المساح بأحد المقبضين وسار في اتجاه الخط بينما يمسك شخص آخر المقبض الثانى ويثبتته على الخط عند النقطة المراد بدء القياس منها .

فإذا كان الخط المطلوب قياسه يقل طوله عن عشرين متراً يكفي أن تطرح الجنزير طرحة واحدة وتستخلص من واقع العلامات النحاسية الميزة وطول العقل طول الخط .

أما إذا كان الخط طويلاً فمليك أن تطرح الجنزير عدة طرحات تبدأ كل طرحة من نهاية الطرحة السابقة ويكون طول الخط في النهاية مساوياً لعدد الطرحات الكاملة مضروباً في عشرين متراً مضافاً إليها طول الطرحة الأخيرة بعد معرفة طول الخط عليها حتى نهايته .  
ويحسن في القياس بالجنزير أن يشد الجنزير في كل طرحة عدة مرات بشدة مع شده جيداً في اتجاه الخط المطلوب قياسه تماماً ، كما يحسن أن تمشى بمحاذاة الجنزير بعد طرحه لتأكد أن جميع العقل مستقيمة وجميع الحافات مفرودة .

### الشريط

ويعتبر أضبط طرق القياس . وتصنع الأشرطة عاد فأمّا من الكتان أو الصلب وبصنع الشريط الكتاني من ملف من نسيج الكتان المقوى بأسلاك رفيعة جداً من الصلب ويختلف طوله من خمسة أمتار إلى ثلاثين متراً . وهو مقسم على كلا وجهيه إلى أمتار وسنتيمترات . وهذا الشريط ملفوف داخل علبة من الجلد حول محور من النحاس وينتهي من أحد طرفيه بيد تستعمل في فرد الشريط ولفه ، وينتهي الشريط من طرفه الخالص بحلقة نحاسية تمنع دخوله في العلبة عند لفه .

أما الأشرطة الصلبة فهي كسابقتها ، غير أنها تصنع من الصفيح الزفيق المتين وقد تصنع من الصلب . ويتراوح الشريط الصلبي من متر واحد إلى عشرين متراً وبلغ الشريط الصلبي حول محور معدني في داخل علبة من الجلد أو المعدن أو على بكرة مفتوحة من الصلب .

### الأوتاد

هي قطع من الخشب اسطوانية أو منشورية الشكل ، يتراوح طولها بين ٢٠ ، ٣٠ سم وسمكها بين ٣ ، ٥ سم أحد طرفيها مدبب ليسهل غرسها في الأرض . وتستخدم الأوتاد في تعيين مواقع النقاط الثابتة على سطح الأرض للرجوع إليها عند اللزوم . وإذا كانت الأرض صلبة تستخدم أوتاد على شكل زوايا حديدية .

ويلاحظ في تثبيتها ألا يظهر منها أكثر من بضعة سنتيمترات حتى لا تعوق الحركة في المنطقة ولا تكون عرضة للضياع .

### الشواخص : ( جمع شاخص )

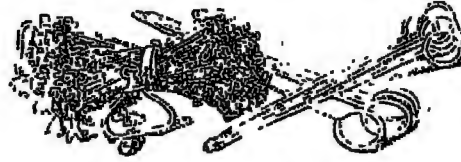
هي سيقان من الخشب أسطوانية أو منشورية يتراوح طولها بين ٢ ، ٥ أمتار ،

٥ أمتار وسمكها بين ٣ و ٦ سم ، مثبت في أحد طرفيها كساء من الحديد مخروطي الشكل يسهل غرسها في الأرض ، ومقسمة إلى مسافات متساوية تتراوح بين ٢٠ و ٥٠ سم ، وهذه المسافات ملونة بألوان واضحة ومتبادلة على التماقب ( أبيض — أسود — أحمر ) بقصد تسهيل رؤيتها من بعيد . وقد يوضع في رأس الشاخص علم صغير أحمر أو أبيض لهذا الغرض ذاته .

وتستعمل الشواخص في تحديد خطوط السير أثناء عملية القياس ، ولتشخيص أية نقطة متوسطة على هذه الخطوط .

#### الشوك :

هي أسلاك من الصلب يختلف سمكها من ٣ إلى ٥ سم وتراوح بين ٣٠ و ٣٠٠ سم ، أحد طرفيها مدبب ، أما الطرف الآخر فثابت على شكل حلقة .



( شكل ٥٣ ) الجزير والشوك

وتستعمل الشوك لتعيين نقطة متوسطة على خط مستقيم محدد بشاخصين . كما يكثر استخدامها في تحديد طرحات الجزير ، ولهذا يستعمل مع كل جزير عادة عشر شوك .

#### دفتر الغيط :

يستعمل لتدوين بيانات المساحة بالجزير وهو مستطيل الشكل يفتح في اتجاه . ورسوم باللون الأحمر في وسط كل صفحة من صفحاته وفي اتجاه طولها خطان متوازيان يبعدان عن بعضهما بمسافة سنتيمترين ، وتكتب بينهما أبعاد الجزير المقابلة لمساقط إحداثيات النقط المطلوب بيانها لرسم الحدود والتفاصيل أثناء عملية المساحة بالجزير . أما أطوال هذه الإحداثيات فتكتب على جانبي هذين الخطين حسب موقعها من خط الجزير في الطبيعة إما يمينا أو يسارا .

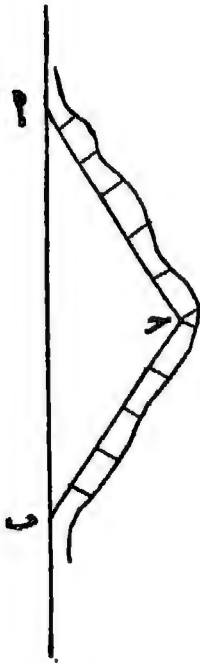
وبراعى عند التدوين في دفتر الغيط أن يبدأ الرسم من أسفل الصفحة متجها إلى أعلاها حتى تصل الكتابة إلى رأسها أو رأس الصفحة المقابلة لها ، فتقلب الورقة ويستمر التدوين من أسفل الصفحة التالية كما تقدم .

## عمل مساحة لمنطقة صغيرة بالجزر

لإجراء هذه العملية يجب أن تتجول أولاً في الأرض لتكون فكرة عامة عن شكلها وترسم لها رسماً تخطيطياً في دفتر النيط وتعين نقاطاً أساسية تقرب من حدود قطعة الأرض على قدر الإمكان ثم تحدد هذه النقاط الأساسية على الطبيعة مراعيًا أن ترى كل نقطة من النقطة التي قبلها والنقطة التي بعدها ، وألا يوجد ما يعوق عملية القياس بين كل نقطتين .

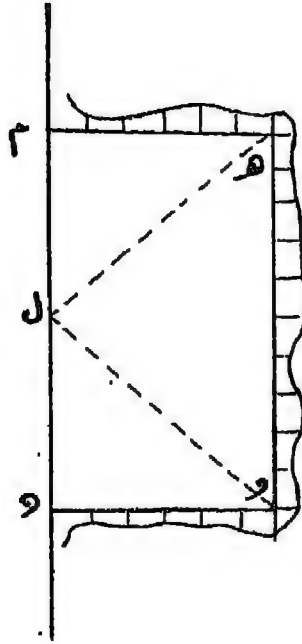
ثم تحدد النقاط المختلفة على حدود الشكل وتفاصيله التي تسقط من كل منها إحداثياتاً على هذه الخطوط الأساسية بشرط ألا تزيد أطوال الإحداثيات على العشرين متراً ، وإذا أريد إسقاط الإحداثيات بدقة يستحسن ألا تزيد على عشرة أمتار .

أما إذا تعذر ذلك وكانت الإحداثيات في بعض المواضع طويلة فيثبت نقطة أخرى إضافية قريبة من الحدود مثل ج كافي الشكل رقم (٥٤) . ويعين موضع النقطتين على خط الجزر الأصلي ا ب ، فيكون في هذه الحالة المثلث ا ب ج بمثابة مثلث إضافي تفرد على ضلعيه ا ب ، ب ج الحدود البعيدة .



( شكل ٥٤ )

وهناك طريقة أخرى للتغلب على هذه الصعوبة وهي أن ترسم خطاً إضافياً مثل هـ وقريباً من الحدود ( شكل ٥٥ ) ويعين هذا الخط بأن تحدد نقطتين مثل م ، ن على خط الجزر الأصلي بحيث تكونان قريبتين من الحدود ويقام منهما العمودان م هـ ، ن و لبيان موضع نقطتي هـ ، و في الرسم ، كما يجب تعيين نقطة مثل ل على خط السير الأصلي وقياس البعدين ل هـ ، ل و لربط نقطتي هـ ، و وذلك للتحقق من سلامة العمل . وبعد ذلك تجرى عملية المساحة بالجزر على الخطوط هـ و ، م هـ ، ن و كالمعتاد .

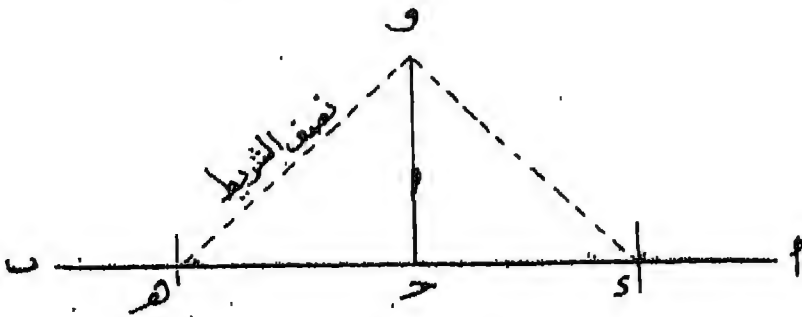


( شكل ٥٥ )

### بعض العمليات المتصلة بالمساحة بالجنزير

أولاً : إقامة عمود على خط الجنزير من نقطة واقعة عليه :

إذا فرض أن  $اب$  خط للجنزير ، وأن  $ج$  نقطة واقعة عليه وكان المطلوب إقامة عمود من  $ج$  على الخط  $اب$  في الطبيعة دون استعمال أحد أجهزة قياس الزوايا .  
فمين على الخط  $اب$  نقطتين مثل  $د$  ،  $هـ$  على كل جهة من جهتي النقطة  $ج$  ومتساويتى البعد عنها ( شكل ٥٦ ) ولا تزيد المسافة بينهما على ثمانية أمتار ، ثم تثبت حلقة الشريط عند و ونهايته عند  $هـ$  وتشده على الأرض من منتصفه تماماً ، فالنقطة التي يعينها منتصف الشريط في هذا الوضع وتكون  $و$  هي إحدى نقطتي العمود المطلوب ويكون  $ج$  وهو العمود ذاته .



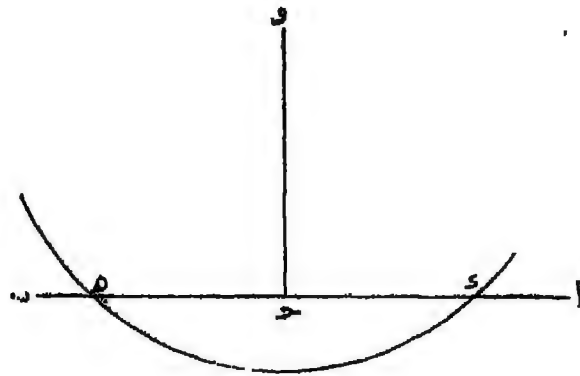
( شكل ٥٦ )

وهذه العملية تحتاج إليها في أحوال كثيرة منها أن يكون هناك سور يوازي خط الجزير على وجه التقريب ويعد عنه ، ومطلوب رسم هذا السور في الخريطة ، فتقام أعمدة على خط الجزير من ققط مختلفة عليه وتقاس الإحداثيات ونسجل بدقتر الشيط . على أنه إذا كان السور لا يبعد عن خط الجزير بأكثر من مترين أو ثلاثة أمتار فيسهل إقامة الأعمدة بمجرد النظر .

أما إذا كانت المسافة بعيدة جداً بحيث لا يمكن إقامة العمود فيها بواسطة الشريط فستحسن استخدام أحد أجهزة قياس الزوايا .

ثانياً : إسقاط عمود على خط الجزير من نقطة خارجة عنه :

لفرض أن و هي النقطة المطلوب إسقاط العمود منها على خط الجزير ( شكل ٥٧ ) .



( شكل ٥٧ )

فندرس في نقطة و شاخصاً ويقف شخص عند هذه النقطة ممسكاً بطرف الشريط ويمسك شخص آخر بالطرف الثاني من الشريط ويتحرك في حركة دائرية حتى يقطع قوس تحركه خط الجزير في نقطتين مثل س ، هـ يضع فيهما شوكتين . ثم تنصف المسافة و هـ في ج فيكون ج هو العمود المطلوب .

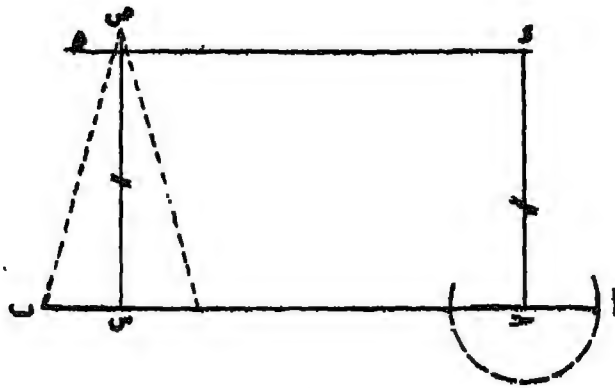
ونحتاج لهذه العمالة في رفع أية ظاهرة على جانبي خط الجزير كأن تكون ركناً لبناء أو عمود تلغراف أو شجرة أو ما شابه ذلك .



ثالثاً : كيفية رسم خط مواز لخط الجنزير من نقطة معلومة :

إذا فرض أن  $ab$  هو خط الجنزير (شكل ٥٨) وأن  $د$  هي النقطة المطلوب رسم خط مواز منها لخط الجنزير .

نستط بالطريقة المتقدمة عموداً مثل  $د$  على خط الجنزير  $ab$  ونعين على نقطة أخرى مثل  $س$  على خط الجنزير و نقيم عليها عموداً مثل  $س$   $ص$  ، ثم نعين على هذا العمود طولاً يساوي طول العمود  $د$   $هـ$  هو  $س$   $هـ$  . فيكون  $هـ$  هو الموازي المطلوب .

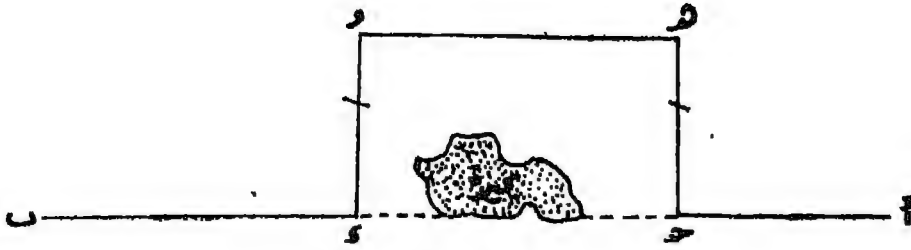


( شكل ٥٨ )

رابعاً : قياس خط يترضه عائق :

لنفرض أن الخط  $ab$  مطلوب قياسه ، وأن هناك عائقاً كبركة أو مستنقع يعترض عملية القياس ، فيمكن أن يقاس هذا الخط على النحو الآتي :

نعين نقطة مثل  $ج$  على الخط  $ab$  عند أحد طرفي العائق ، ونقطة أخرى مثل  $د$  عند طرفه الآخر ، ثم نقيم عموداً من كل من النقطتين  $ج$  ،  $د$  على الخط  $ab$  ويؤخذ على كل من العمودين بعد متساو  $هـ$  ، و ( كما في الشكل رقم ٥٩ ) بحيث يمكن قياس البعد بين هاتين النقطتين قياساً مباشراً . فيكون طول الخط  $ab$  في النهاية هو مجموع أطوال الخطوط  $ا$   $ج$  ،  $د$  ،  $هـ$  ،  $ب$  .



( شكل ٥٩ )

### طرق قياس الزوايا

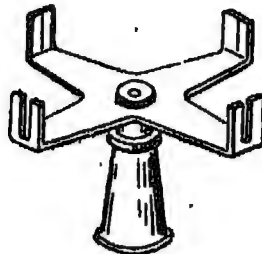
تنقسم الزوايا في الطبيعة إلى زوايا أفقية وأخرى رأسية . والمقصود بالزاوية الأفقية هي زاوية انحراف خط على سطح الأرض ، أو الزاوية التي يصنعها خط مع خط آخر على سطح الأرض .

أما الزاوية الرأسية فيقصد بها زاوية الميل . ولا توجد هذه الزاوية إلا بين نقطتين يختلفان ارتفاع كل منهما على سطح الأرض ، وهي بذلك الزاوية التي يصنعها الخط الواصل بين نقطة مرتفعة — المراد قياس زاوية انحرافها — مع خط النظر ، وهو في المادة خط أفقي .

ولكل نوع من هذه الزوايا أجهزة خاصة تستخدم في قياسها على الطبيعة . ومن أجهزة قياس الزوايا الأفقية المثلث المساح والبانتوميتر ( Pantometer ) .

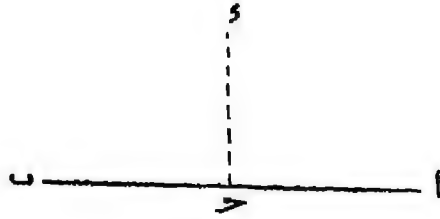
#### المثلث المساح البسيط ذو الساقين :

يتركب المثلث المساح البسيط من قطعة من النحاس على شكل ساقين متقاطعتين ومتعامدتين ، طرفا كل منهما ملتو إلى أعلى على شكل زاوية قائمة ، ويسمى هذا الجهاز القائم شظية رأسية . ويوجد في وسط كل من هذه الشظايا الأربع شرخ طولى ضيق . ويمر الخط الواصل بين كل شرخين متقابلين بمركز الجهاز يكون بمثابة خط نظره ، وبذلك يكون خط نظر الجهاز متعامدين .



( شكل ٦٠ ) المثلث المساح البسيط

هذه القطعة الممدية المكونة للساقين مربوطة من مركزها بمخروط ممدى أجوف بحيث يمكن دورانها أفقياً حول محورها ، ويستعمل المخروط كقاعدة الجهاز ويركب عند استعماله في رأس حامل .



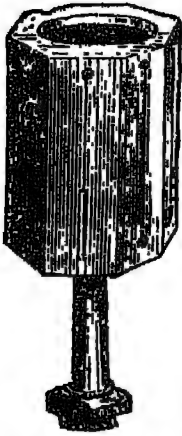
( شكل ٦١ )

فإذا فرض أن ا ب خط سير أساسى والمطلوب إقامة عمود من نقطة ج عايه بواسطة الثلث المساح ذى الساقين ، يجرى العمل بأن يركب الجهاز في حامل ، ويثبت هذا الحامل على الخط المستقيم فوق نقطة ج ويدار الجهاز حتى ينطبق أحد خطى النظر على الخط المستقيم وليكن ب ويعرف ذلك بأن يرصد على استقامته إحدى الساقين ا ، ب حسب اتجاه النظر ، ثم تنظر من أحد الشرخين المتعامدين على هذا الاتجاه ، ويحرك شاخص في الجهة المراد إقامة العمود فيها حتى يرصد في وضع مثل د فيكون الخط ج د عمودياً على ا ب

كذلك يمكن استخدام الثلث المساح البسيط في عملية إسقاط عمود خط مستقيم من نقطة معينة بعيدة عنه وذلك بأن يثبت الراصد شاخصاً في النقطة الخارجة . ويتحرك ومعه الثلث المساح على استقامة الخط المعلوم أ ب حتى يأتى إلى وضع يرصد فيه إحدى نهايتى الخط أ ب على استقامة أحد خطى نظر الجهاز ويرصد في الوقت نفسه الشاخص المثبت في د على استقامة خط نظر آخر فيمين هذا الوضع وليكن ح أثر العمود الساقط من الخط ا ب .

#### الثلث المساح ذو الثمانية أوجه :

هو جهاز من النحاس مصنوع على هيئة منشور ثمانى فى وسط أربعة أوجه من أوجهه متبادلة ومتقابلة شروخ طولية دقيقة . أما الأوجه الأربعة الأخرى فى وسط كل نصف وجه منها



(شكل ٦٢)

شرخ طولى وفي نصفه الآخر فتحة مستطيلة شد في وسطها على استقامة الشرخ سلك رفيع يعرف في وضعه هذا بالشعرة. ويلاحظ أنه إذا كان الشرخ في النصف العلوى يقابله في الوجه المقابل شرخ في النصف الأسفل. ويرى في الجهاز أن كل شرخ من هذه الشرخ الأربعة يقابله شعرة فيمكن عندئذ استخدام الجهاز في تعيين زوايا مقدارها ٤٥ ومناعتاتها. ثم أدخلت على الجهاز بعض التعديلات بأن ثبتت بوصلة في ثمة المنشور. وتتكون هذه البوصلة من إبرة مغناطيسية فتتحرك في مستوى أفقي حول المحور الرأسى

للمنشور الذى يمر بمركز دائرة مقسمة إلى ١٨٠ قسماً كل قسم منها يعين درجتين، وهذه التقاسيم مدرجة في اتجاه عقرب الساعة، ومعين على الدائرة قطران متعامدان تعين أطرافها الجهات الأصلية الأربع ويتجه تدريج الدائرة من الشمال وتستعمل هذه البوصلة مع الجهات في قياس زاوية انحراف أى خط وهى الزاوية التى يقطعها هذا الخط مع خط الشمال المغناطيسى الذى بعينه اتجاه الإبرة.

ولايجاد انحراف أى خط بواسطة هذا الجهاز يثبت رأسياً ومسامتا لنقطة ابتداء هذا الخط، ثم يدار الجهاز أفقياً حول محوره حتى تنطبق الإبرة على القطر المعين لخط الشمال والجنوب، ويكون الشمالى منطبقاً على نهايته التى تعين جهة الشمال، فإذا رصدت نهاية الخط على استقامة خط النظر المنطبق على اتجاه الإبرة وكان هذا منطبقاً على خط الشمال يكون انحرافه في هذه الحالة صفراً، وإلا فيدار الجهاز حتى ترصد نهايته على استقامة خط النظر المنطبق على خط شمال البوصلة.

ويراعى أن ننظر في الشرخ الواقع تحت طرفه الجنوبي مباشرة فتكون الزاوية التى يصنعها القطب الشمالى للإبرة على تقاسيم الدائرة عبارة عن زاوية انحراف الخط.

ويمكن استعمال المثلث المساح المثبت به البوصلة في قياس أية زاوية محصورة بين خطين وذلك بأن تقاس زاوية انحراف ضلعيها كل على حدة، والفرق بين انحرافها يساوى الزاوية المحصورة بينهما.

### البانتوميتر : ( Pantometer )

يتركب البانتوميتر من اسطوانتين محوكتين من النحاس الأصفر منكستين فوق بعضهما مع انطباق حافتيهما معا ومربوطتين على استقامة محوريهما بحيث يمكن دوران الواحدة على الأخرى .



( شكل ٦٤ ) البانتوميتر

- ١ - الأسطوانة السفلى
  - ٢ - الأسطوانة العليا
  - ٣ - شريط مقسم إلى درجات
  - ٤ - ورنية
  - ٥ - مسمار ربط الاسطوانة السفلى
  - ٦ - مسمار تحريك الاسطوانة العليا
  - ٧ - قاعدة الجهاز
- ويوجد بجوار كل منها شرح طولى يقابله في الجهة الأخرى فتحة أو شبك مشددود في وسطه شعرة طويلة . ويحدد كل شرح وشعرة متقابلتين في الأسطوانة السفلى خط نظر هذه الأسطوانة . ويرى في الجهاز أنه بالأسطوانة السفلى خط نظر واحد بينما في الأسطوانة العليا خط نظر متعامدان على بعضهما . ويوجد في أعلى الأسطوانة السفلى شريط مقسم إلى ٣٦٠ درجة ومرفق على كل ١٠ درجات من صفر إلى ٣٦٠ بحيث يحاذى صفر التدرج محور الشرح الموجود بها . ويوجد بالحافة السفلى للأسطوانة العليا ورنية تبين أجزاء الدرجة إلى ٦٠ دقيقة ويحاذى سهم الورنية أحد شرخي الأسطوانة العليا ومثبت في قاعدة الأسطوانة السفلى قرص معدني مشترك معها في المحور وهذا القرص مركب على قرص آخر مساوٍ له في القطر بحيث يمكن دوران الأول على الثاني حول محور واحد هو محور الأسطوانتين . ويتصل القرص السفلى برأس غرور أجوف يستعمل كقاعدة للجهاز يركب في قمة الحامل عند الاستعمال .

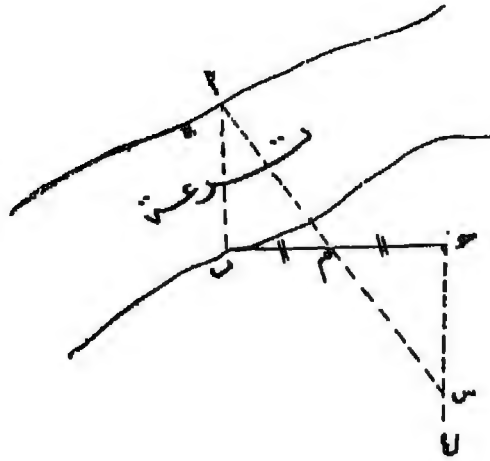
وفي قاعدة الاسطوانة السفلى ربطت قطعه معدنية بواسطة مسمار محوى بحيث إذا ربطت تضغط القطعة المعدنية القرص السفلى على القرص العلوى وبذلك تمنع دوران القرصين على بعضهما أو بمباراة أخرى بمنع دوران خط نظر الأسطوانة السفلى . ويعرف هذا المسمار باسم مسمار ربط الأسطوانة السفلى . وتدار الاسطوانة العليا بواسطة رأس مسمار آخر ينتهى طرفه الداخلى بقرص دائرى يدور مع رأس آخر مثبت بتلك الاسطوانة ، وبذلك يمكن أن يدار خط نظر الأسطوانة العليا حول خط نظر الاسطوانة السفلى في أى اتجاه ومثبت في الأسطوانة العليا بوصلة تستعمل عند لزوم تعيين انحرافات أضلاع الزوايا التي تقاس بالجهاز إذا طالب ذلك .

ولاستعمال الباتوميتر في قياس زاوية في مستوى أفقي يركب فوق حامله ، وبعد ذلك يرصد الشاخص المحدد لضلع الزاوية الأيمن على استقامة خط نظر الأسطوانة السفلى ، وبعد جعل الشعرة تنصف الشاخص تماماً يربط السمار حتى لا تدور الأسطوانة السفلى بعد ذلك . ثم يوجه خط نظر الأسطوانة العليا في اتجاه الشاخص المحدد لضلع الزاوية الأيسر وذلك بتحريك رأس السمار ، وبعد جعل الشعرة تنصف هذا الشاخص تقرأ الزاوية التي يعينها سهم الورنية على تقاسيم الأسطوانة السفلى فتكون هي مقدار الزاوية المقاسة .

بعض العمليات التي يستخدم فيها المثلث المساح أو الباتوميتر :

العملية الأولى : قياس اتساع مجرى مائى كنهر أو ترعة أو أى بحد لا يمكن قياسه مباشرة :

إذا طلب تقدير اتساع ترعة نختار أية ظاهرة في الضفة المقابلة تكون قريبة من الشاطئ ، بقدر الإمكان كأن تكون شجرة أو صخرة ثابتة وهي الموجودة أو الرموز لها بالشكل ١ ، ونضع شاخصاً في الضفة المقابلة وهي التي ستم عليها عملية الرصد



( شكل ٦٤ )

وليسكن هذا الشاخص ب ، ونقيم من هذه النقطة بواسطة المثلث المساح عموداً على ا ب مثل ب ح . ثم نقيس طول هذا العمود وننصفه في م . ومن م نقيم عموداً آخر على ب ح وليكن ح ل بطول مناسب ونتحرك على طول الخط ح ل حتى نصل إلى نقطة يظهر فيها الشاخص الموجود في م . منطبقاً على الظاهرة ١ فنكون قد حصلنا على مقدار اتساع التربة وهو المساوي للخط ح س .

وإثبات ذلك نظرياً كالآتي :

بمقارنة المثلثين  $ابم$  ،  $سج م$

نجد أن الزاوية  $ابم = سج م$  ( بالقيام )

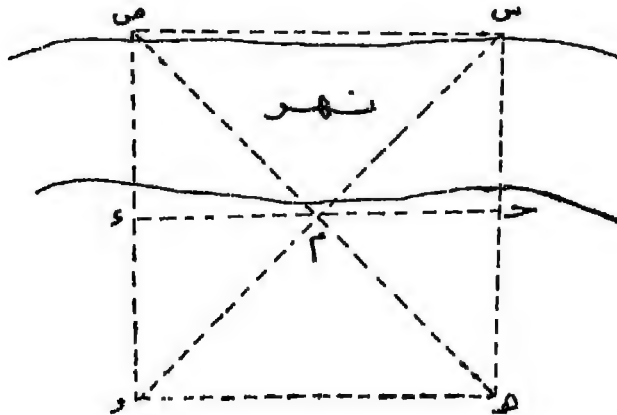
والضلع  $بم = سج م$  ( بالتصنيف )

والزاوية  $امب = الزاوية سمج$  ( بالتقابل )

∴  $سم = اب$  ،  $سج م$  هو الطول المقاس ،  $اب$  هو اتساع التربة المطلوب قياسه .

العملية الثانية : قياس بعد على الضفة الأخرى لنهر أو ترعة :

في الشكل  $س$  ، ص ظاهرتان على الضفة نهر والمطلوب إيجاد البعد بينهما على أن يتم الرصد كاملاً على الضفة المقابلة ، يمين الاتجاه  $اب$  ضلعي الطول وامتداد الضفة المطلوب الرصد فيها وبواسطة المثلث المساح تمين موضع العمود الساقط من  $ص$  على  $اب$  والعمود الساقط من  $س$  على  $اب$  وليكن موضع العمودين هما  $ح$  ،  $د$  ونضع في كل منها شاخصاً



( شكل ٦٥ )

آخر على امتداد الاتجاه  $سح$  حتى تصل إلى نقطة مثل  $هـ$  يظهر فيها الشاخص الموجود في  $م$  منطبقاً على الظاهرة من الموجودة على الضفة الأخرى ، ثم نتحرك كذلك على امتداد  $ص د$

حتى نصل لنقطة ل ويظهر منها الشاخص م منطبقاً على الظاهرة س الموجودة على الضفة  
الأخرى ثم تقيس البعد بين نقطتي ه ، و فيكون هو البعد بين الظاهرتين س ، ص المطلوب  
إيجاده ، وإثبات ذلك نظرياً كالآتي :

المثلث ح ه م ينطبق على المثلث و ص م  
والمثلث ح م س ينطبق على المثلث ح م و  
∴ المثلث م ه و ينطبق على المثلث م س ص  
∴ ه و = س ص وهو المطلوب .



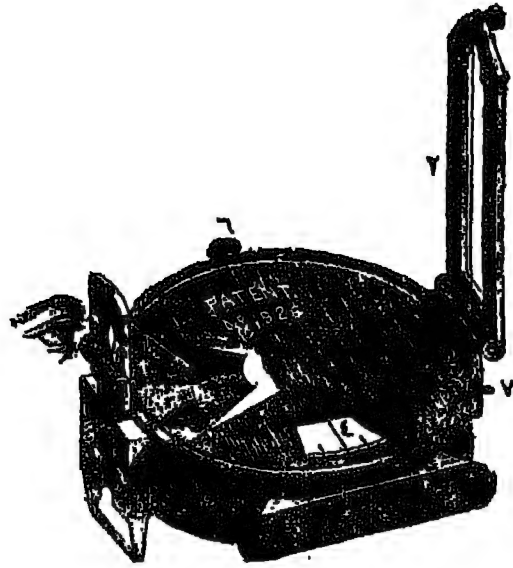
## البوصلة المنشورية

### Prismatic Compass

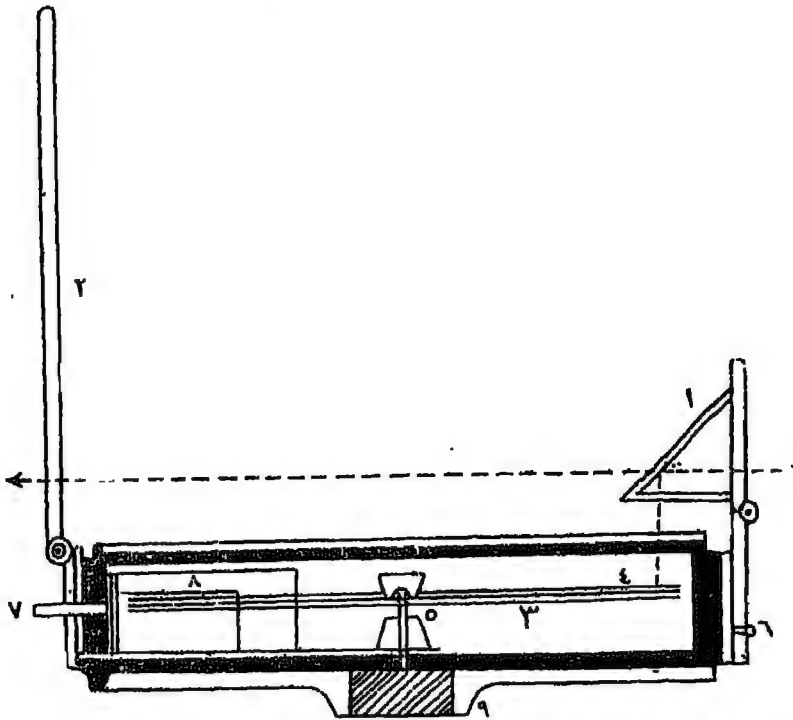
تستعمل البوصلة المنشورية في قياس زاوية انحراف أى خط عن خط الشمال المغنطيسى وقد سميت كذلك لأن تقاسيمها تقرأ بوساطة منشور ثلاثى من الزجاج . وقد تستعمل في إيجاد مقدار أية زاوية محصورة بين خطين متقاطعين بأن تقاس زاوية انحراف كل من الخطين على حدة ونحسب الزاوية المحصورة بينهما بأن تساوى الفرق بين انحرافيهما . ومما تقدم تبين أن البوصلة المنشورية يمكن أن تستعمل في رفع أى ترافرس من الطبيعة كما لو كانت إحدى الآلات الزاوية .

وصف الجهاز : تتركب من علبة أسطوانية الشكل من النحاس يبلغ قطرها نحو عشرة سنتيمترات وارتفاعها نحو سنتيمترين ، مثبت في مركز قاعدتها وعمودى على مستواها من مدبب ترتكز عليه إبرة مغنطيسية بحيث يمكن دورانها حوله في مستوى أفقى . ومثبت بالإبرة المغنطيسية قرص دائرى من الألومنيوم يدور تبعاً لدورانها . وهذا القرص مقسم على طول محيطه إلى درجات وأنصاف الدرجات ومدرج في اتجاه تحرك عقرب الساعة كل عشر درجات ابتداء من القطب الجنوبي للأبرة .

ومثبت بجدار العلبة قطعة معدنية تتصل اتصالاً مفصلياً بشظية مشدود في وسطها وفي اتجاه طولها سلك رفيع يستعمل في رسم الأهداف المحددة للخطوط المطلوب قياس انحرافاتها . وهذه الشاظية يمكن دورانها في مستوى رأسى وتطبق على وجه العلبة عند عدم استعمال الجهاز . ويقابل الشظية قطرياً قطعة معدنية أخرى مثبتة في جدار العلبة الخارجى ، وتتصل من أعلى اتصالاً مفصلياً بمنشور ثلاثى من الزجاج ملف من جميع جهاته بصفائح من النحاس . ويوجد بوسط وجهى المنشور المتامدين ثقبان فائدتها عكس صورة تقاسيم القرص على عين الراصد عند القراءة . ويمتد غلاف الوجه الذى به الثقب قليلاً خارج حافة المنشور ويوجد به شريح طولى على استقامة مركز الثقب ، وهذا الشريح يقابل قطرياً الشفرة المثبتة بالشاظية وتشخص على استقامتهما الخطوط المطلوب قياس انحرافاتها .



( شكل ٦٦ ) البوصلة المنشورية



- |                           |                                      |
|---------------------------|--------------------------------------|
| ١ — منشور ثلاثي من الزجاج | ٢ — شظية رأسية                       |
| ٣ — دائرة مقنطرية         | ٤ — قرص من الألومنيوم مدرج إلى ٥٣ ٦٠ |
| ٥ — حامل الإبرة والقرص    | ٦ — مسبار الضغط                      |
| ٧ — مسبار لضغط الياي      | ٨ — ياي لضغط حركة القرص              |
| ٩ — قاعدة لتركيب الحامل   | ١٠ — خط نظر الجواز                   |
- ( شكل ٦٧ ) قطاع رأسي في البوصلة المنشورية

وينتقد من جدار العلبة تحت الشطية مسبار يتصل من الداخل بطرف صفيحة معدنية أو يابى مثبت طرفها الآخر بجدار العلبة الداخلى ، ووظيفة هذا المسبار وقف حركة القرص أو الابر عند قراءة زاوية الانحراف وذلك بالضغط عليه ، فيثبت طرف الصفيحة أو اليابى على القرص ويوقف حركته .

وعند استعمال الجهاز يركب على حامل ذى ثلاث شعب أو يمسك باليد فى مستوى أفقى .

وفى الأجهزة الحديثة للبوصلة النشورية أضيفت مرآة تتصل اتصالاً مفصلياً تنزلق على طول الشطية ويمكن تثبيت هذه المرآة على أى ميل بالنسبة للشطية حتى تعكس صورة الهدف المرصودة على عين الراصد ولا تستعمل لهذا الغرض إلا فى حالة ما إذا كان الهدف أعلى من الأفق بكثير .

كذلك أضيفت إلى الأجهزة الحديثة عدسات ملونة تتحرك أمام الشرح ، وتستعمل لمنع تأثير وهج أشعة الشمس عن عين الراصد خصوصاً إذا كان المقصود قياس زاوية سمت قرص الشمس .

### الانحراف : ( Bearing )

الانحراف نوعان : انحراف حقيقى أو جغرافى ، وانحراف مغنطيسى .

والانحراف الحقيقى هو مقدار الزاوية التى يصنعها أى اتجاه مع خط الشمال الحقيقى أو الجغرافى ، وهو الخط الواصل بين مكان الراصد والقطب الشمالى .

أما الانحراف المغنطيسى فهو مقدار الزاوية التى يصنعها أى اتجاه مع خط الشمال المغنطيسى ، وهو عبارة عن الخط الواصل بين مكان الراصد والقطب المغنطيسى الشمالى .

وخط الزوال الحقيقى أو الجغرافى ، وهو الخط الواصل بين القطب الشمالى الجغرافى والقطب الجنوبى الجغرافى ، ثابت لا يتغير فى كل وقت وفى كل مكان كما هو معروف . أما خط الزوال المغنطيسى فغير ثابت لعدم ثبات موقع القطبين المغنطيسيين . وموقع القطب الشمالى هو ما تشير إليه أية بوصلة مغنطيسية .

وأول من اكتشف هذا القطب هو السير روس Ross سنة ١٨٣١ ووجده بعيد أعين القطب الشمالى الجغرافى بنحو ١٠٠٠ ميل إلى الغرب ، وواقعا فى شبه جزيرة Boothia فى الشمال الأقصى لأمريكا الشمالية على خط عرض ٧٠° شمالا وخط طول ٩٦° غرباً .

وكذلك اكتشف شاكلتون Shackleton القطب الجنوبى المغنطيسى فى أثناء رحلته سنة ١٩٠٩ ووجد أنه يقع إلى الشرق من القطب الجنوبى الجغرافى على خط عرض ٧٢° جنوباً وخط طول ١٥٤° شرقاً .

وموقع كل من هذين القطبين ليس ثابتا ولكنها فى تغير مستمر فإن نقطة القطب المغنطيسى تتحرك ببطء شديد من يوم إلى يوم ، فنجد أن اتجاه الإبرة المغنطيسية إذا كانت حساسة تتحرك حركة يومية ضعيفة جداً ؛ فى إنجلترا مثلاً يتحرك القطب الشمالى لإبرة الانحراف جهة الغرب يومياً من الساعة السابعة صباحاً إلى الساعة الواحدة بعد الظهر ، ثم يتحرك بعد ذلك جهة الشرق حتى الساعة العاشرة مساءً ويثبت إلى الصباح . ولا تزيد هذه الحركة على عشر دقائق ، ويبدو أن موضع الشمس هو الباعث عليها وقد يكون للقمر كذلك تأثير فيها .

كذلك يتغير موقع نقطة القطب المغنطيسى من عام إلى آخر . وهذه التغيرات السنوية تابعة لتحرك الأرض حول الشمس وتتجدد كل عام ؛ فى جرينتش مثلاً يتغير الانحراف سنوياً بمقدار ٢٥'' و٢'' ويبلغ التغير هذه النهاية جهة الشرق فى شهر أغسطس وجهة الغرب فى شهر فبراير .

وفد تحدث تغيرات دورية تتم فى عدد كبير من السنين ، فإذا سجل الانحراف فى مكان ما سنة بعد أخرى وكان اتجاهه مثلاً غرب الشمال الحقيقى يلاحظ أنه يتغير ببطء من الغرب إلى الشرق ثم يعود إلى الغرب وتستغرق الدورة من أقصى نقطة فى الغرب إلى أقصى نقطة فى الشرق عدة قرون .

فهناك — إذاً — اختلاف بين الانحراف الحقيقى والانحراف المغنطيسى لأى خط لعدم انطباق خطى الزاوية الجغرافى والمغنطيسى ، وهو ما يعرف باسم الاختلاف المغنطيسى Magnetic Variation . وبمعرفة درجة الاختلاف المغنطيسى يمكن تحويل الانحرافات الحقيقية إلى انحرافات مغنطيسية أو العكس .

ودرجة الاختلاف المغنطيسى تكون إما شرقاً أو غرباً حسب موقع القطب الجغرافى الشمالى والقطب المغنطيسى الشمالى بالنسبة للمكان .

وهناك خرائط خاصة تبين درجات الاختلاف المغنطيسى فى الأماكن المختلفة على سطح الأرض . وترسم هذه بطريقة خطوط التساوى (Isopleths) يمر كل خط منها بالأماكن المتساوية فى درجة اختلافها المغنطيسية ونوع هذا الاختلاف شرقاً أو غرباً ، وتعرف هذه الخرائط باسم (Isogonic maps)

ويمكن استخدام درجة الاختلاف المغنطيسى فى تحويل الانحرافات الحقيقية إلى انحرافات مغنطيسية ، وكذلك تحويل الانحرافات المغنطيسية إلى انحرافات حقيقية ، وذلك بإضافة درجة الاختلاف أو طرحها حسب الأحوال . ودرجة الاختلاف المغنطيسى فى القاهرة ضئيلة للغاية لا تتجاوز درجة واحدة ، ولذلك يمكن اعتبار الانحراف المغنطيسى لأى اتجاه فى القاهرة انحرافاً جغرافياً على سبيل التجاوز .

ويقاس الانحراف المغنطيسى لأى خط أو اتجاه بواسطة البوصلة المنشورية . وهذا الانحراف كما ذكرنا يساوى الزاوية المحصورة بين خط الشمال المغنطيسى وهذا الخط مقيسة من على يمين خط الشمال المغنطيسى فى اتجاه عقارب الساعة .

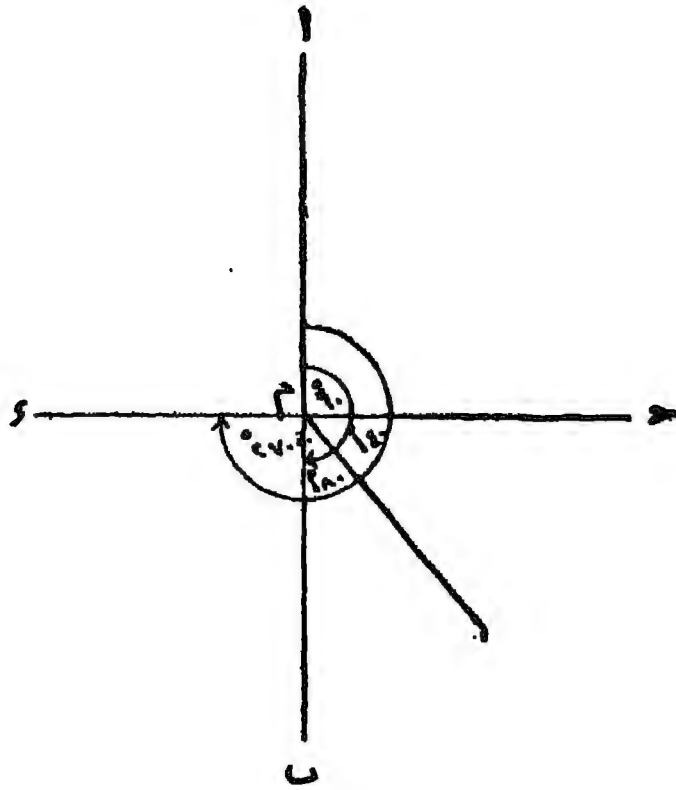
فى الشكل رقم ( ٦٨ ) إذا كان الخط أ ب يمثل خط الشمال المغنطيسى كانت نقطة ج تنحرف عن نقطة م بمقدار  $90^{\circ}$  ، ونقطة هـ تنحرف عن نقطة م بمقدار  $140^{\circ}$  ، ونقطة ب تنحرف عن نقطة م بمقدار  $180^{\circ}$  ، ونقطة د تنحرف عن نقطة م بمقدار  $270^{\circ}$  ، ونقطة أ تنحرف عن نقطة م بمقدار  $360^{\circ}$  أو صفر .

ومعنى هذا أنه إذا وقف الراصد فى نقطة م وثبتت البوصلة المنشورية فى هذه النقطة ووجهها نحو نقطة ج فإنه سيقراً فى تقاسيم البوصلة  $90^{\circ}$  ، وإذا وجهها نحو نقطة هـ فإنه سيقراً فى تقاسيم البوصلة  $140^{\circ}$  وهكذا .

فهذه الانحرافات ترصد فى الطبيعة بواسطة البوصلة المنشورية ، ويمكن توقييمها على الورق بواسطة المنقلة على ضوء قراءات البوصلة .

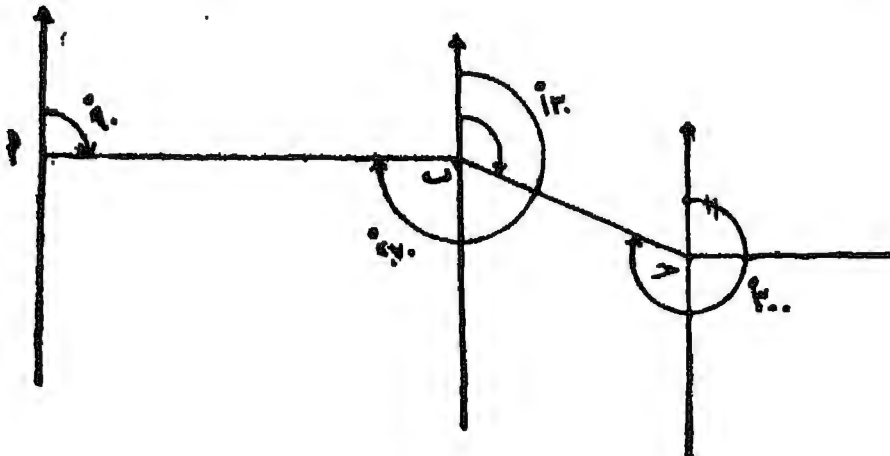
#### الانحراف الأمامى والانحراف الخلفى :

تعرف الانحرافات المذكورة بالانحرافات الأمامية . فالانحراف الأمامى هو الانحراف ( م ١٧ — الخرائط )



( شكل ٦٨ )

التي يؤخذ من مكان الراصد لنقطة معلومة . أما ما يعرف بالانحراف الخلفي فيقصد به الانحراف بين هذه النقطة المعلومة والمكان الأول للراصد .  
ففي الشكل رقم ( ٦٩ ) نفرض أن أ هي مكان الراصد ، ب هي المكان الذي يرصد



( شكل ٦٩ )

انحرافه ، فيكون الانحراف الأمامي لنقطة ١ هو مقدار الزاوية المقيسة من على يمين خط الشمال في اتجاه عقارب الساعة إلى الخط الواصل بين ١ ب وهي في هذه الحالة  $90^\circ$  .

فإذا انتقلنا إلى النقطة ب وأردنا أن نقيس الانحراف الأمامي لها كان هذا الانحراف هو مقدار الزاوية المحصورة بين خط الشمال والخط ب ج مبتدئين بالقياس من خط الشمال ومتجهين من اليسار إلى اليمين في اتجاه عقارب الساعة. وليكن مقدار هذا الانحراف  $130^\circ$  مثلاً . أما إذا أردنا أن نرصد الانحراف الخلفي لنقطة ب فهو عبارة عن الزاوية المحصورة بين الشمال والخط أ ب مبتدئين بالقياس من خط الشمال ومتجهين مع عقارب الساعة وسيكون الانحراف في هذه الحالة  $370^\circ$  .

ويلاحظ أن الفرق بين الانحراف الأمامي والانحراف الخلفي للنقطة أو الخط يساوي  $180^\circ$  . وعلى ذلك فإذا كان الانحراف الأمامي لنقطة ب  $130^\circ$  فلا بد أن يكون الانحراف الخلفي لنقطة ج هو  $310^\circ$  .

ويستفاد من هذه الحقيقة في التحقق من صحة الرصد في قياس الانحراف بين مكانين على الطبيعة . فلو أن الراصد اتجه إلى نقطة ج وقياس الانحراف الخلفي فوجده  $310^\circ$  كان قياسه صحيحاً ، وما عدا ذلك فهو خطأ في الرصد في إحدى النقطتين أو في كليهما .

وفي استخدام البوصلة المشورية يجب أن يوضع في الاعتبار ما يلي :

أولاً — يحتاط في استخدام البوصلة بالانحراف من علامات أو آلات حديدية بأقل من عشرة أمتار حتى لا يؤثر الحديد في اتجاه الإبرة المغناطيسية

ثانياً — ينبغي أن تكون البوصلة في وضع أفق حتى لا يمتك القوس بجدار العلبة فيسبب خطأ في الرصد .

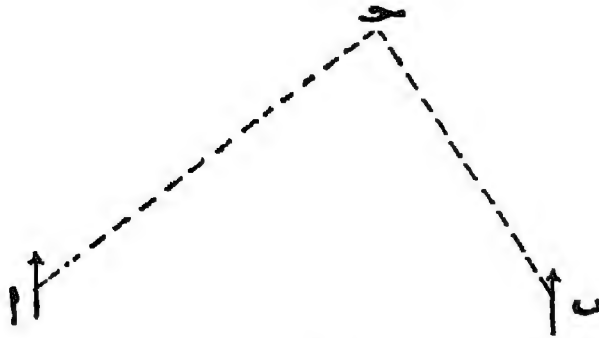
استخدام البوصلة في تعيين مكان الراصد على الخريطة أو إضافة تفصيلات على الخريطة ليست موجودة بها :

يمكن أن تتم هذه العملية بطريقتين :

أولاً -- طريقة التقاطع : ( Intersection )

لنفرض أن شخصاً وصل إلى مكان ما ويريد أن يمين موقعه على الخريطة التي يحملها ، فيختار ظاهرتين في الطبيعة قريبتين من موقعه ، وموقعتين على الخريطة التي في يده ،

ولتكن. الظاهرتان هـ ا ، ب كما يبدو في الشكل رقم ( ٧٠ ) فيقف الراسد عند الظاهرة الأولى ( ا ) ويرصد انحراف المكان المطلوب تعيينه وليكن ( ح ) ثم ينتقل الراسد إلى الظاهرة الثمانية ( ب ) ويرصد. منها انحراف النقطة ح . ويسجل القراءتين اللتين قرأهما في البوصلة وهما تمثلان انحراف نقطة ح من ا وانحراف نقطة ح من ب .



( شكل ٧٠ )

ثم يرسم على الخريطة خطاً يمثل الشمال المغنطيسي يمر بالنقطة أ وآخر موازياً له يمر بالنقطة ب . وبواسطة المنقلة يبين الانحرافين السابق رصدتهما على الطبيعة ويرسم خطين تقاطعان في نقطة هي ح المطلوب تحديدها .

وبالطريقة ذاتها يمكن إضافة تفاصيل على الخريطة ليست موقعة عليها .

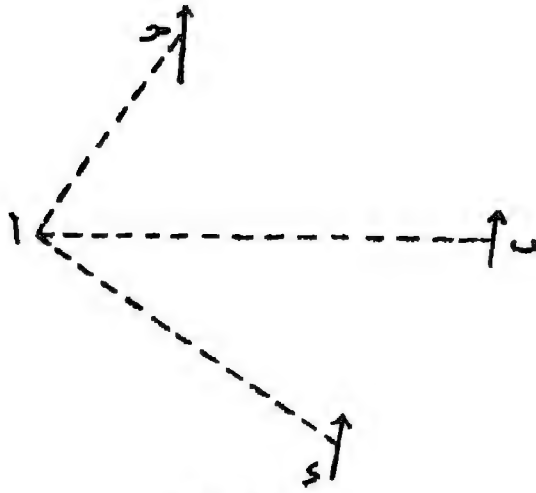
#### ثانياً — طريقة التقاطع المكسي : ( Resection )

أما طريقة التقاطع المكسي فتتميز عن طريقة التقاطع بأن الراسد فيها لا ينتقل إلى مكان الظاهرات الثابتة الموقعة على الخريطة ، ولكن يقوم بعمليات الرصد من مكانه أو من النقطة التي يريد تحديدها على الخريطة .

ففي الشكل رقم ( ٧١ ) لنفرض أن المكان المطلوب تحديده على الخريطة هو نقطة ا وأن الظاهرات الثابتة الموقعة على الخريطة التي بيده — على فرض أنها أكثر من ظاهرتين ليكون العمل أكثر دقة — هي ب ، ح ، د .

فيثبت الراسد البوصلة المنشورية في النقطة ا ويرصد منها انحرافات النقاط ب ، ح ، د . ثم يرسم على الخريطة خطاً يمثل الشمال المغنطيسي يمر بنقطة ب ، وآخرين موازيين له يمران بالنقطتين ج ، د وبواسطة المنقلة يبين الانحرافات الخلفية لنقطة ا من النقط الثلاث الأخرى.





( شكل ٧١ )

وهذه الانحرافات الخلفية هي مقدار الانحرافات الأمامية التي رصدتها بالبوصلية من نقطة أ مضافاً إلى كل منها  $180^\circ$  إذا كانت أقل من  $180^\circ$  ، أو مطروحاً منها  $180^\circ$  إذا كانت أكثر من  $180^\circ$  .

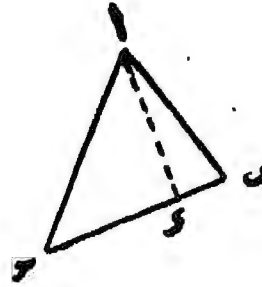
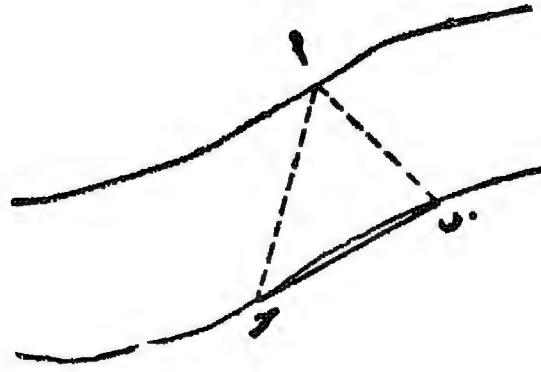
فإذا كان الرصد دقيقاً تتلاقى الخطوط الثلاثة التي تمثل الانحرافات الخلفية في نقطة واحدة هي أ ، أي المكان المطلوب تحديده على الخريطة ، أو الظاهرة المطلوب إضافتها إلى الخريطة .

### استخدام البوصلة المنشورية في القياس غير المباشر :

#### أولاً - قياس عرض مجرى مائى :

إذا أردت قياس اتساع مجرى مائى على أن تتم عمليات الرصد على ضفة واحدة لهذا المجرى ، فاختر ظاهرة واضحة على الضفة المقابلة كعمود أو شراع مركب رأسية. ولتسكن هذه الظاهرة في الشكل رقم ( ٧٢ ) هي النقطة أ . ثم حدد نقطتين على الضفة التي يتم منها الرصد مثل ب ، ج على أن تكون النقط الثلاث شكل مثلث .

ثم أرصد بالبوصلة المنشورية انحراف نقطة أ من ب ، وانحراف نقطة أ من ج . ثم قس المسافة بين ب ، ج قياساً مباشراً بإحدى أدوات القياس المباشر كالجذير أو الشريط ، وبذلك تنتهى مرحلة العمل على الطبيعة .



( شكل ٧٢ )

ثم أرسم على لوحة من الورق الخط بـ  $\Delta$  المقاس على الطبيعة بمقياس رسم مناسب ، ووقع خط الشمال المغنطيسي على كل من نقطتي ب ،  $\Delta$  ، ثم أرسم بالمقلة انحراف ا من كل من نقطتي ب ،  $\Delta$  ، فيلتقي هذان الانحرافان في نقطة هي ا مكونين المثلث ا ب  $\Delta$  . ثم أسقط عموداً من نقطة ا على القاعدة ب  $\Delta$  هو الخط ا د كما يبدو في الرسم .

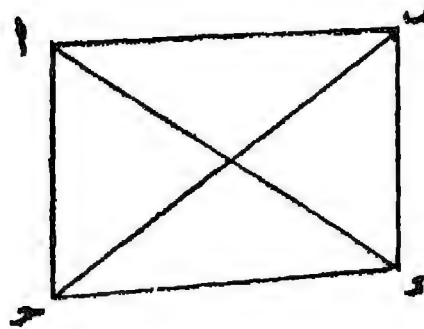
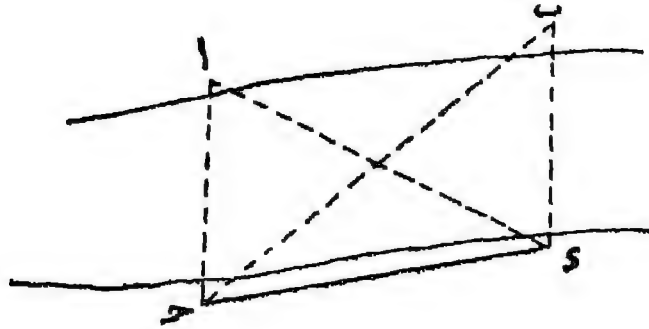
وقس طول الممود ا د واحسب طوله على الطبيعة حسب مقياس الرسم المستخدم ، فإن طوله يمثل اتساع المجرى المائي عند هذه النقطة .

### ثانياً— قياس البعد بين ظاهرتين دون الوصول إليهما :

إذ أردت قياس البعد بين نقطتين على إحدى ضفتي نهر على أن يتم الرصد من الضفة الأخرى للنهر فاتبع الخطوات التالية :

لفرض أن هاتين الظاهرتين هما ا ، ب في الشكل رقم ( ٧٣ ) . فاختر على الضفة الأخرى التي يتم فيها الرصد نقطتين أخريين مثل  $\Delta$  ، د . ومن نقطة  $\Delta$  أرصد بالبوصلة

المنشورية انحراف كل من الظاهرتين ١ ، ب . ومن نقطة د أرصد أيضاً انحراف الظاهرتين المذكورتين . ثم قس في المسافة بين د ، د قياساً مباشراً باستخدام إحدى أدوات القياس كالجنزير أو الشريط .



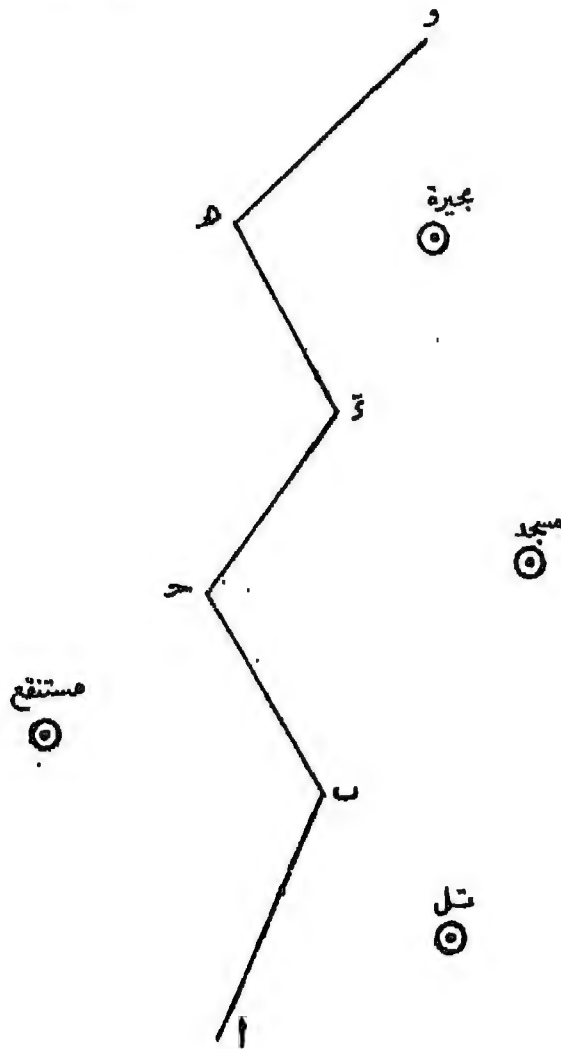
( شكل ٧٣ )

وعلى لوحة من الورق ارسم الخط د الحاصل على الطيعة بمقياس رسم مناسب ، وبواسطة المنقلة عين انحراف ١ من نقطتي د ، د ، فالتقاء شعاعى الانحراف يحدد موقع نقطة ١ ، ثم عين انحراف ب من نقطتي د ، د . والتقاء شعاعى الانحراف يحدد موقع نقطة ب . وبذلك تكون قد انتهيت من تحديد موضع الظاهرتين ١ ، ب . فإذا قست المسافة بينهما على اللوحة يسكنك الحصول على المسافة بينهما على الطيعة على أساس مقياس الرسم الذى استخدمته فى توقيع الخط د على الورق .

استخدام البوصلة المنشورية في رفع ترافرس مفتوح (open traverse) :

لنفرض أن المطلوب رفع طريق يمكن تحديده بالنقط ١ ، ب ، ح ، د ، هـ ، و ، وأن الظاهرات المطلوب توقيها على جانبي الطريق هي التل والمسجد والبحيرة على الجانب الأيمن للطريق ، والمستنقع على الجانب الأيسر .

ابداً عمليات الرصد من نقطة ١ ، وأرصد بالبوصلة المنشورية انحراف نقطة ب منها ، وأرصد كذلك انحراف التل من نقطة ١ ، ثم انتقل إلى النقطة ب وقس في أثناء انتقالك إليها البعد بين ١ ، ب قياساً مباشراً وسجل هذان دفتر النيط . وعندما تصل إلى النقطة



( شكل ٧٤ )

ب أرصد انحراف التل منها حتى تستطيع بطريقة التقاطع — التي سبق شرحها — أن

تحدد مكان التل على الخريطة عند الرسم . ومن نقطة ب أيضاً ارصد انحراف نقطة د وارصد في الوقت ذاته انحراف المسجد كظاهرة موجودة على يمين الطريق ، وارصد كذلك انحراف المستنقع كظاهرة موجودة على يسار الطريق ، ثم انتقل إلى نقطة د وفي أثناء انتقالك إليها قس البعد بين ب ، د قياساً مباشراً . ومن نقطة د ارصد ثلاثة انحرافات هي انحراف المسجد والمستنقع وانحراف نقطة د ، ثم انتقل إلى د و قس في أثناء انتقالك إليها البعد بين د ، د . ومن نقطة د ارصد انحراف ه وانحراف البحيرة ثم قس البعد بين د ، ه . ومن نقطة ه ارصد انحراف البحيرة وانحراف نقطة و ثم قس البعد بين ه ، و . وبذلك تكون قد حصلت على كل البيانات المطلوب توثيقها من الطبيعة .

انتقل بعد ذلك إلى توثيق هذه البيانات على لوحة من الورق مستخدماً مقياس رسم مناسب بالنسبة لأطوال الخطوط بين النقاط التي تحدد معالم الطريق ، أما الظواهر الموجودة على جانبي الطريق فيمكنك توثيقها على الورق بواسطة المنقاة من واقع الانحرافات المغنطيسية التي رصدها في الطبيعة ، وبطريقة التقاطع يمكنك تحديد موقع كل ظاهرة .

#### استخدام البوصلة المشورية في عمل مساحة لمنطقة صغيرة:

يمكن استخدام البوصلة المشورية في رفع قطعة من الأرض بإحدى طريقتين :

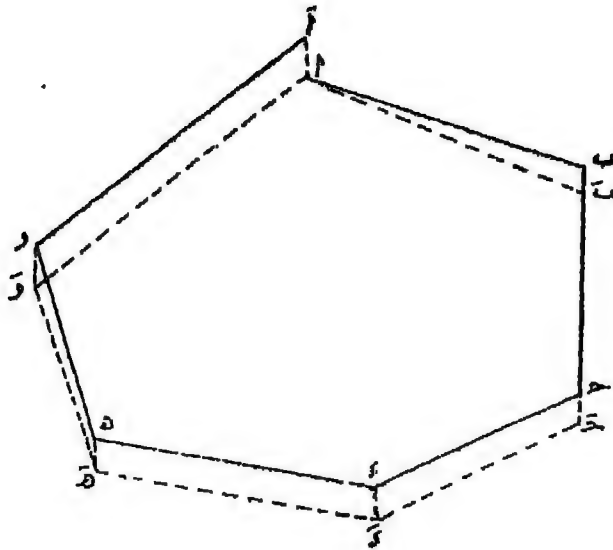
##### الطريقة الأولى :

لفرض أن قطعة الأرض المطلوب رفعها يمكن تحديدها بالنقاط ا ، ب ، ج ، د ، ه ، و ، فلرسم خريطة لهذا الشكل ( ترافرس مقفل closed traverse ) باستخدام البوصلة المشورية ابدأ العمل من نقطة ا وارصد منها انحراف نقطة ب . ثم قس طول الضلع ا ب على الطبيعة قياساً مباشراً بواسطة إحدى أدوات القياس كالجزير أو الشريط ، ثم انتقل إلى نقطة ب وارصد منها انحراف نقطة ج . أو بمعنى آخر انحراف الخط ب د بالنسبة لخط الشمال المغنطيسي .

وقبل انتقالك من نقطة ب يمكنك أن تتأكد من صحة رصد الانحراف الأمامي للنقطة ب بأن ترصد الانحراف الخلفي لها ، إذ يجب أن يكون الفرق بين الانحراف الأمامي والانحراف الخلفي - كما ذكرنا - ١٨٠ ° .

ثم قس طول الضلع ب د ومن نقطة د اتبع الخطوات السابقة وهي رصد الانحراف

الأمامي والانحراف الخلفي ثم قياس طول الضلع ج د ، وكذلك الحال في تقطعي د ه هـ وحينما تصل إلى نقطة و أرصد انحراف نقطة ا ثم قس طول الضلع و ا . وبذلك تنتهى مرحلة العمل في الطبيعة .



( شكل ٧٥ )

واتوقيع الشكل على الورق اختر مقياس رسم مناسب وارسم على أساسه أضلاع الشكل . أما الانحرافات المنطيسية فيمكن توقيعها بالنقطة .

فإذا كان قياس الأضلاع ورصده للانحرافات سلباً ، انتهى الضلع الأخير ( و ا ) عند نقطة البداية ( ا ) أما إذا لم ينته الضلع الأخير عند نقطة ا ، أو بمعنى آخر إذا لم يقلل الشكل فيمثل الخطأ ا في هذه الحالة ما يعرف بخطأ القفل فإذا أردنا تصحيح هذا الخطأ فيمكن إجراء ذلك

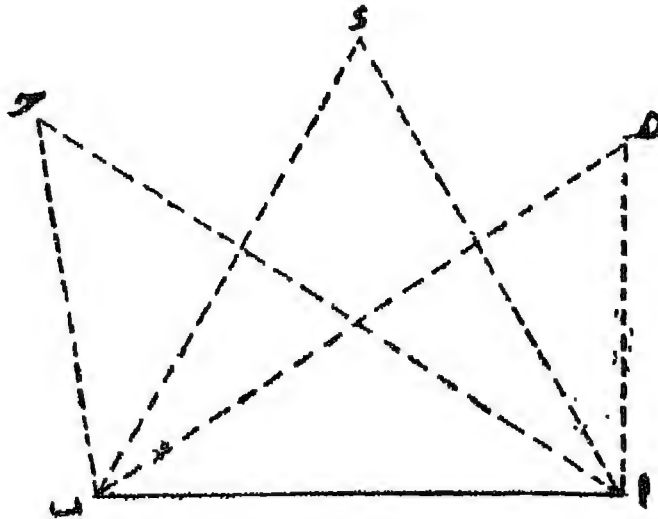
بتوزيع الخطأ على الأضلاع الخمسة للشكل حسب أطوالها ، بأن نرسم خطاً بمقياس مناسب يمثل مجموع أطوال الأضلاع الخمسة ، ونقيم عند نقطة أ الأخيرة عموداً يساوى طول خطأ القفل الذى يمثل الخط أ أ ونصل رأس هذا العمود بالنقطة أ الأولى . ثم نقيم أعمدة من النقط ب ، ج ، د ، هـ ، وعلى الخط أ أ فتلقي هذه الأعمدة بهذا الخط فى النقط ب ، ج ، د ، هـ ، و .

وعلى الشكل الأسمى نرسم عند كل نقطة خطاً يوازى الضلع أ أ ، وعلى المستقيم المرسوم عند نقطة ب نوقع طول المود ب ب ، وعلى المستقيم المرسوم عند نقطة ج نوقع طول الضلع ج د . وتبع العملية ذاتها بالنسبة للمستقيمات الأخرى الموجودة عند نقطة د ، هـ ، و . ثم نصل بين النقط أ ، ب ، ج ، د ، هـ ، و وبذلك نحصل على الترافرس المقل بمد تصحيح خطأ القفل .

#### الطريقة الثانية :

وتعرف بطريقة التقاطع ، ولا تستخدم إلا إذا كانت الرؤية ممكنة . فيشترط إذا وقف الراصد فى نقطة أ مثلاً يمكنه أن يرى النقط الأربع الأخرى ، وإذا وقف فى ب يمكنه أن يرى النقط الأربع الأخرى .

أما فى الطريقة الأولى فيمكن أن ترى كل نقطة من النقطة السابقة والنقطة التالية وهذا ممكن بالطبع إذا وجد عائق فى وسط قطعة الأرض .



وفي طريقة التقاطع اختر أحد الأسلاك وليكن  $a$  ب واتخذ خط قاعدة لعمليات الرصد . وقس طول هذا الخط قياساً مباشراً دقيقاً ، لأنه هو الخط الوحيد الذي يقاس في استخدام هذه الطريقة .

ومن نقطة  $a$  أرصد بالبوصلة المنشورية انحراف  $c$  ،  $d$  ،  $e$  ومن نقطة  $b$  أيضاً أرصد انحرافات النقط الثلاث المذكورة .

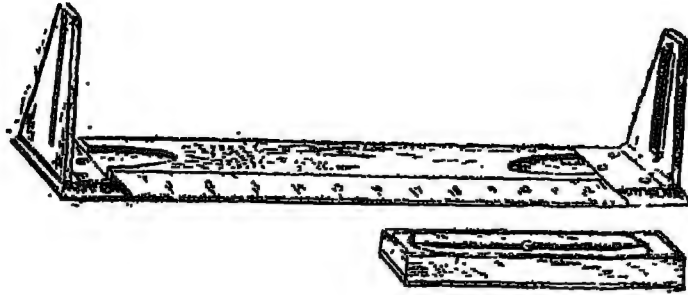
وعلى لوحة من الورق ارسم خط القاعدة  $ab$  بمقياس رسم مناسب ، ومن طرفي هذا الخط ارسم بالمنقلة أشعة تمثل انحرافات النقط  $c$  ،  $d$  ،  $e$  ؛ فتلاق شعاعى انحراف  $c$  من نقطتي  $a$  ،  $b$  يحدد موقع نقطة  $c$  ، وتلاق شعاعى انحراف  $e$  من نقطتي  $a$  ،  $b$  يحدد موقع نقطة  $e$  .

وبذلك يتحدد لك على الورق موضع النقط الخمس ، فإذا وصات بينها حصات على الشكل الخماسي المطلوب رفعه .





تركيباً مفصلياً شاذيئتان بإحداها شرح وبالأخرى فتحة في وسطها شعرة . ويحدد الخط  
الواصل بين الشعرة والشرح خط نظر المضادة ويمر بمحورها .

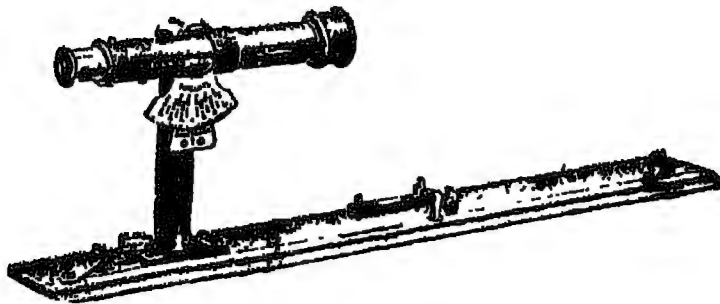


المضادة والوصلة

( شكل ٧٨ )

ثالثاً - الأليد ( Alidade ) :

ويستعمل الآن بدلا من المضادة وهو عبارة عن منظار من نوع التلسكوب مركب في  
قائم مثبت عموديا على مسطرة من المعدن . ويدور المنظار في مستوى يمر بحافة المسطرة  
بحيث يكون خط نظره في مستوى حافة المسطرة .



الاليديد التلسكوبي

( شكل ٧٩ )

رابعاً - ميزان المياه :

يتركب من أنبوبة ذات فقاعة مستطيلة الشكل مركبة على قاعدة معدنية مستوية . وأهم  
شرط في ميزان المياه أن عموده يوازي مستوى قاعدته ، ولذلك تضبط أفقية لوحة البلا نشيطة  
بأن تتوسط الفقاعة أنبوبة ميزان المياه عند وضعه على اللوحة في أى اتجاه .

### خامساً - بوصلة الانحراف :

هى جهاز يتركب من إبرة مغناطيسية ترتكز على سن مدبب مثبت على قاعدته علبة مستطيلة من النحاس أو الخشب ، مغطاة بغطاء من الزجاج ومثبت بقاعدة العلبة من الداخل تحت طرفي الأبرة قوسان مقسمان بحيث يقع صفر تدريج كل منهما في منتصفه . والخط الواصل بين صفري التدريج يمر بمرکز دوران الأبرة ويوازي جدار العلبة.

ويوجد نوع آخر للبوصلة يستعمل مع البلا نشيطة ويعرف بالبوصلة الصندوقية ، وهى عبارة عن إبرة مغناطيسية تتحرك في مستوى أفقى على قاعدة مقسمة إلى ٣٦٠ درجة ، ومبين عليها الخطوط المعينة للجهات الأصلية والفرعية . والقاعدة السفلى للعلبة عبارة عن قرص مستدير وتستعمل البوصلة مع البلا نشيطة لتحمين خط الشمال المغناطيسى على الخريطة .

وهناك عدة ملاحظات ينبغى مراعاتها في المساحة بالبلا نشيطة :

أولاً - أفقية اللوحة ، وذلك باستخدام ميزان المياه ووضعه على لوحة البلا نشيطة والتأكد من توسط الفقاعة فيه ، في عدة اتجاهات متقاطعة .

ثانياً - مسامتة النقطة التى على اللوحة لنظيرتها في الطبيعة .

ثالثاً - انطباق الخط الممين في اللوحة على نظيره في الطبيعة ، وانطباق الخطوط تترتب على مسامتة كل نقطة على اللوحة لنظيرتها في الطبيعة .

رابعاً - مراعاة الدقة في قياس الأطوال .

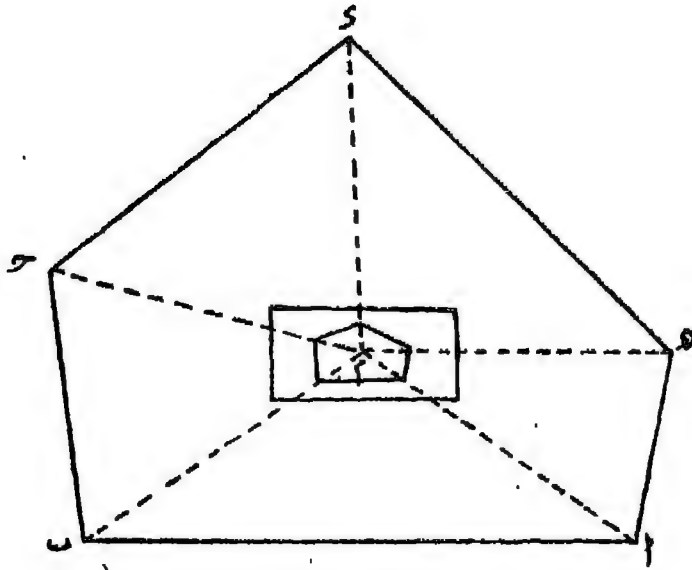
خامساً - مراعاة الدقة في الرسم أو توقيع الإبعاد على الخريطة .

### طرق المساحة بالبلا نشيطة

#### أولاً طريقة الإشعاع أو الثبات ( Radiation ) :

لنفرض أن قطعة الأرض المطلوب رسمها أمكن تحديدها بالنقط أ ، ب ، ج ، د ، هـ فإذا أردت استخدام هذه الطريقة اختر نقطة في وسط قطعة الأرض وتكن م ( كما في شكل رقم ٨٠ ) بحيث يمكن منها رؤية جميع النقاط الخمس الرئيسية في الشكل وكذلك يمكن قياس بمد كل منها من هذه النقطة المركزية بدون مصادفة أى عائق .

ثبت البلا نشيطة فوق نقطة م في الطبيعة ، واضبط أفقيتها بميزان المياه وارسم على اللوحة خط الشمال المغناطيسى بالبوصلة .



( شكل ٨٠ )

وباستخدام العضادة أو الاليديد أرسم على اللوحة أشعة لجميع النقط الرئيسية التي تحدد الشكل من النقطة المركزية ( م ). ثم قس الأضلاع م ا ، م ب ، م ج ، م د ، م هـ على الطبيعة قياساً مباشراً بالجنزير أو الشريط، ووقع أطوالها على الأشعة المناظرة لها على اللوحة بمقياس الرسم المطلوب أو المناسب ، فتعين النقط الرئيسية على اللوحة . وبتوصيل هذه النقط بعضها ببعض على التوالي تحصل على هيكل الشكل ا ب ج د هـ الذي يمكن أن تحشى على أضلاعه الحدود والتفاصيل بالطرق التي شرحتها في المساحة بالجنزير .

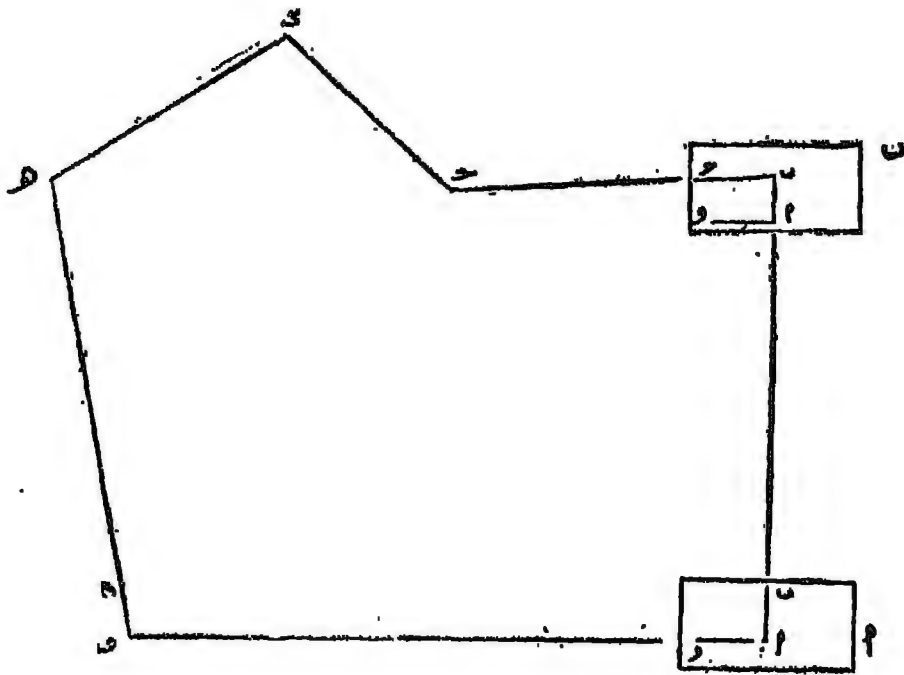
ويمكنك أن تتحقق من صحة العمل بقياس بعض أضلاع الشكل مثل ا ب أو ب ج أو ج د ، ومقارنة أطوالها على الطبيعة بنظائرها على اللوحة حسب مقياس الرسم .

ثانياً : طريقة الترافرس ( اللف والدوران ) Traverse :

إذا لاحظت في أثناء التجول في المنطقة المراد رفعها أن كل نقطة من النقط الرئيسية التي تحدد هيكل الشكل لا يمكن رؤيتها إلا من النقطتين المجاورتين لها مباشرة أى من النقطة السابقة لها والتالية لها ، فيتجه عليك في هذه الحالة استخدام طريقة اللف والدوران .

وإذا فرضنا أنه أمكنك تحديد أركان المنطقة بالنقط ا ، ب ، ج ، د ، هـ ، و كما في الشكل رقم ( ٨١ ) تستطيع أن تنجز العمل على النحو التالي :

ثبت البلاشيطة فوق نقطة ا واضبط افقيتها ثم عين موضع نقطة ا على اللوحة ولاحظ عند تعيينها أن يأخذ الشكل وضعاً مناسباً في اللوحة . وبواسطة المضادة أو الاليديد ارسم شعاعاً تجاه نقطة ب ثم قس طول ا ب على الطبيعة قياساً مباشراً ، ووقع طوله على الشعاع ا ب في اللوحة بمقياس الرسم المطلوب أو المختار فتعين نقطة ب على اللوحة .



( شكل ٨١ )

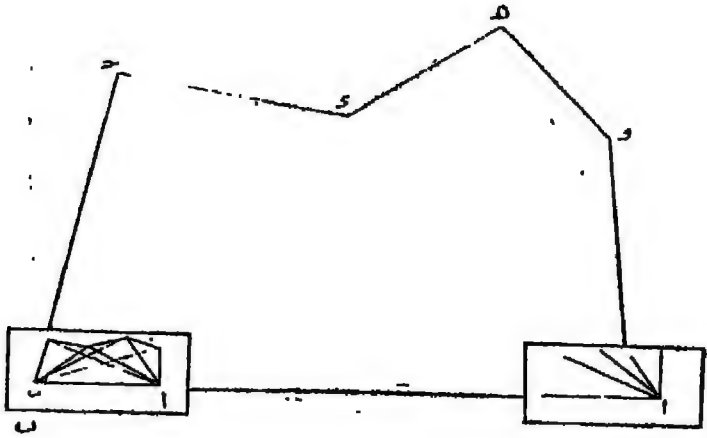
انقل البلاشيطة إلى نقطة ب وثبتها فوقها بحيث تكون النقطة ب الميئة في اللوحة من قبل مسامته تماماً للنقطة ب في الطبيعة وتحقق ذلك بواسطة المضادة أو الاليديد . وبعد التأكد من توافر هذين الشرطين إلى جانب مراعاة أفقية اللوحة باستخدام ميزان المياه ارسم على اللوحة شعاعاً من ب إلى 'ح' التي في الطبيعة ، ثم عين موضع 'ح' في اللوحة بتوقيع طول ب ح بعد قياسه في الطبيعة على الشعاع ب ح حسب مقياس الرسم .

واستمر في اجراء العمل بالطريقة ذاتها منتقلاً من نقطة إلى أخرى حتى تصل في النهاية إلى نقطة البداية 'ا' فإذا قطع الشعاع و 'ا' نقطة ا الميئة على اللوحة في أول العملية كان العمل سليماً . ويمكنك أن تتحقق أيضاً بقياس الضلع و 'ا' على الطبيعة فإذا وجدته يساوى الخط و 'ا' في اللوحة حسب مقياس الرسم كان العمل سليماً .

### مثالاً - طريقة التقاطع ( Intersection ) :

إذا لاحظت أثناء التجول في المنطقة المراد رفعها بقصد تعيين النقاط الرئيسية المكونة للشكل أن هذه النقاط يمكن رؤيتها جميعاً من نقطتين متجاورتين فقط، فيمكنك في هذه الحالة استخدام طريقة التقاطع لأنها أسرع من غيرها .

ويعرف الخط الواصل بين هاتين النقطتين بخط القاعدة . فإذا فرض وكانت النقطة ١، ب يعرف الخط ١، هـ، و هي النقطة الرئيسية وثبت لك أن هذه النقطة يمكن رؤيتها من النقطتين ١، ب ففي هذه الحالة تأخذ من الخط ١ ب خط قاعدة وأنجز العمل كالآتي :



( شكل ٨٢ )

ثبت البلا نشيطة فوق نقطة ١ في الطبيعة وأضبط أفقيتها ، وعين موضع النقطة ٢ على اللوحة بحيث يأخذ الشكل الناتج وضعاً مناسباً فيها .

ثم أرسم من نقطة ١ التي على اللوحة أشعة إلى جميع النقاط الرئيسية الأخرى ، كما ينبغي أن ترسم خط الشمال المغنطيسي الذي يجب أن تحافظ على اتجاهه طوال العملية .

ثم قس طول خط القاعدة ١ ب قياساً مباشراً بالجنزير أو الشريط على أن تتوخى الدقة التامة في عملية القياس لأن أي خطأ بسيط في قياس طول هذا الضلع سيترتب عليه خطأ يتضاعف بالتدريج في باقي مراحل العملية بحكم أن ١ ب هو الضلع الوحيد الذي سيقاس طوله في طريقة التقاطع .

ثم وقع طول ا ب على الشعاع ا ب في اللوحة بمقياس الرسم المطلوب أو المناسب فيتمين موقع النقطة ب على اللوحة .

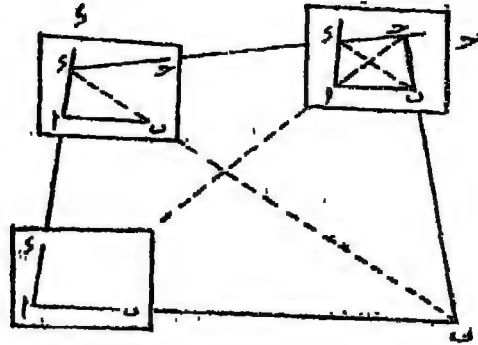
ثم انتقل بالبلا نشيطة إلى نقطة ب وثبتها فوقها بحيث تكون النقطة ب التي سبق تحديدها على اللوحة مسامتة تماماً لنظيرتها في الطبيعة ، وأن تكون النقطة ا في الطبيعة على امتداد الخط ب ا المرسوم على اللوحة .

ثم ارسم من ب أشعة إلى جميع النقط الرئيسية التي سبق رسم الأشعة إليها من نقطة ا ، وذلك باستخدام المضادة أو الأليديد ، فتمين نقط تقاطع هذه الأشعة مع الأشعة الأولى كل مع نظيره مواضع النقط ح ، د ، هـ ، و على اللوحة . وبتوصيل هذه النقط بعضها ببعض تحصل على هيكل الشكل المطلوب . ويمكنك أن تخشى الحدود ومعالم الطبيعة الأخرى على أضلاع هذا الشكل بالطرق التي شرحت في المساحة بالجنزير .

#### رابعا - طريقة التقاطع المكسي : (Resection)

إذا فرض أن قطعة الأرض المطلوب رفعها - والتي تحددها النقط ا ، ب ، ج ، د - يتمتعر قياس جميع أضلاعها إلا ضلعا واحدا هو ا ب ، وتقدر استخدام طريقة التقاطع لوجود عوائق تحول دون رؤية بعض النقط من طرفي خط القاعدة ا ب ، فيمكن في هذه الحالة استخدام طريقة التقاطع المكسي .

ويتم ذلك بأن نضع البلا نشيطة فوق نقطة ا في الطبيعة ونعين نقطة مسامتة لها على اللوحة ، ثم نرسم بواسطة الأليديد شعاعا تجاه الشاخص الذي يحدد نقطة ب ، ونأخذ عليه بعداً على اللوحة يساوي بعده على الطبيعة حسب مقياس الرسم . ونرسم من النقطة ذاتها شعاعاً تجاه الشاخص الذي يحدد نقطة د . ثم ننقل البلا نشيطة وثبتها فوق النقطة د مع مراعاة أن يكون بعد النقطة ا عن د على اللوحة مساوياً بقدر الإمكان لطول ا د في الطبيعة حسب مقياس الرسم المستخدم ، وبحيث يكون الشعاع د ا في اللوحة منطبقاً على الخط د ا نظيره في الطبيعة . فإذا توافر هذان الشرطان إلى جانب مراعاة أفقية اللوحة ربطت اللوحة ونضع الأليديد بحيث تكون حافة مسطرتها منطبقة على النقطة ب في اللوحة ، ونحركه حتى نرصد النقطة ب في الطبيعة فنرسم خطاً على حافة المسطرة ونعده على استقامته إلى وراء حتى يقطع الشعاع ا د في نقطة هي الموضع الحقيقي للنقطة د في اللوحة . ومن هذه النقطة نرسم شعاعاً



( شكل ٨٣ )

إلى النقطة ج في الطبيعة . ثم ننقل البلانشيطة ونثبتها فوق النقطة ج ونضبطها بحيث تتوافر فيها الشروط الثلاثة التي سبق ذكرها عند تثبيت اللوحة فوق النقطة د ، ثم نضع الأليديد بحيث تكون حافة مسطرتة منطبقة على النقطة ب في اللوحة، ونحركه حتى نرصد النقطة ب في الطبيعة فنرسم خطاً على حافة المسطرة ونعده على استقامته إلى الوراء حتى يقطع الشماع د ج في نقطة هي الموضع الحقيقي للنقطة ج في اللوحة .

ويمكن التحقق من صحة هذه النتيجة برصد النقطة ا التي في الطبيعة من ا التي في اللوحة وبالبلانشيطة في وضعها الأخير فوق ج . فإذا مر امتداد هذا الشماع ا ا بالنقطة ج المينة سابقا — وذلك إذا لم تكن الرؤية متمذرة — كان هذا دليلاً على دقة العمل وإلا فيماد ويحقق ثانية حتى تثبت دقته .



## المساحة بالمثلثات الشبكية

### Triangulation

تستعمل المثلثات الشبكية في رفع الأقطار أو المناطق الشاسعة المساحة . وطريقة الرفع بالمثلثات الشبكية أساسها تغطية القطر أو المنطقة المطلوب رفعها بعدد من المثلثات المتتالية التي يشترك كل مثلث مع آخر في ضلع من أضلاعه .

وتتم المساحة بالمثلثات الشبكية إما باستخدام البلانشيطة أو باستخدام التيودوليت .

### استخدام البلانشيطة في المساحة بالمثلثات الشبكية :

يتخذ البعد بين نقطتين ثابتتين أساساً لعملية الرفع واعتباره خط قاعدة . وتقام على هذا الخط عدة مثلثات مشتركة . وأسهل "أرق" التي يمكن استخدامها في تعيين النقاط المختلفة هي طريقة التقاطع . وتتم عملية الرفع بأدوار ثلاثة :

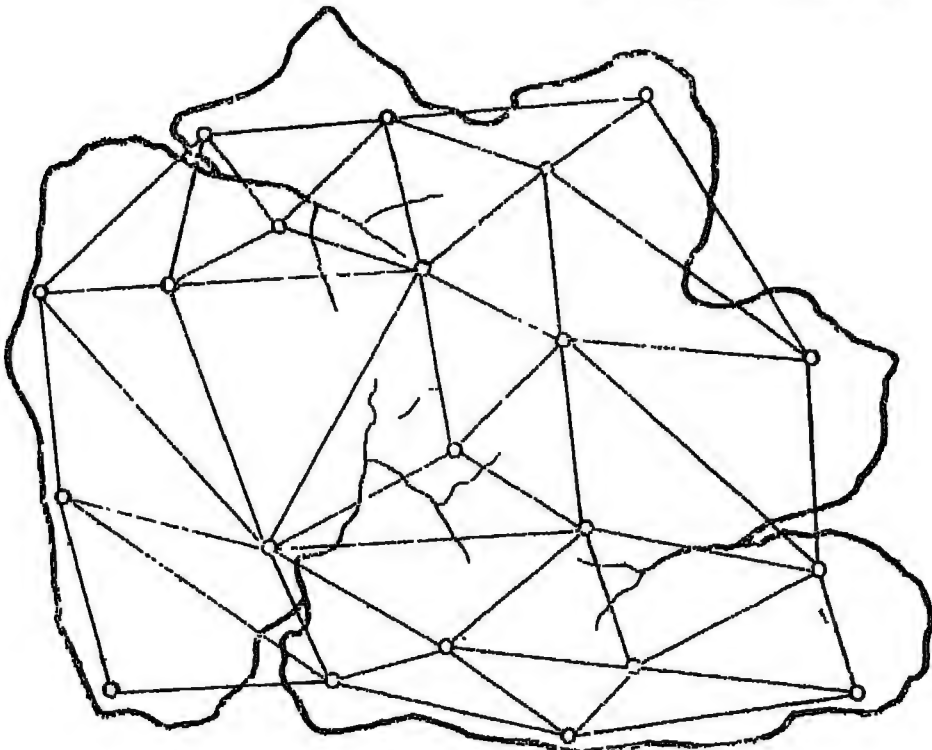
أولاً — تعيين وقياس خط القاعدة : لما كان خط القاعدة هو الأساس في إقامة شبكة المثلثات التي تغطي بها المنطقة ، وكما أنه الوحيد تقريباً من كل أضلاع المثلث الذي يقاس قياساً مباشراً ينبغي قياسه بمنتهى الدقة فيجب أن يكون السطح بين النقطتين مستوياً ومتمتماً بقدر الإمكان . كما تلزم مراعاة رؤية نهايته بسهولة من النقاط المجاورة التي تكون رؤوس المثلثات . ويقاس طول هذا الخط بالجذير أو الشريط .

ثانياً — عمل المثلثات : يرفع خط القاعدة بعد ذلك برسمه على اللوحة على أن يتخذ فيها وضعاً مناسباً ، ثم ترسم أشعة إلى أهم الظواهرات المجاورة التي تصلح لأن تكون رؤوساً لمثلثات والتي يمكن رؤيتها من طرفي خط القاعدة . وبطريقة التقاطع التي سبق شرحها في المساحة بالبلانشيطة تعين مواقع هذه النقاط على اللوحة ، ثم تنتقل باللوحة بعد ذلك إلى هذه النقاط الجديدة الواحدة تلو الأخرى متخذين من كل اثنتين منها خط قاعدة جديد كلما أمكن ذلك ، ثم ترسم أشعة منها إلى نقط أخرى جديدة كان من المتعذر رؤيتها من طرفي خط القاعدة الأول .

وهكذا نستمر في العمل منتقلين من نقطة إلى أخرى لتعيين رؤوس مثلثات جديدة تعتبر فيما بعد طرفاً لخط قاعدة جديد حتى تغطي المنطقة بشبكة واسعة من المثلثات . ويراعى في

زوايا هذه المثلثات أن تكون معتدلة وأضلاعها متناسبة ، فلا تقل الزوايا عن  $30^\circ$  أو تزيد على  $120^\circ$  . وكلما كانت أطوال الأضلاع متقاربة ساعد هذا على سهولة العمل ودقته .

ثالثا -- حشو المثلثات : بعد تعيين رؤوس المثلثات وتغطية المنطقة بها ترفع الظاهرات الطبوغرافية الموجودة في الطبيعة داخل هذه المثلثات . وتعين مواقعها بالنسبة للنقط السابقة وذلك بواسطة البلانشيطة . وبطريقة التقاطع أو التقاطع العكسى ، فتوقع أهم الظاهرات كانهضات الطرق أو الأنهار ومواقع الكبارى وما إلى ذلك . وبذلك يحدد هيكل هذه الظاهرات بالنسبة للهيكل الأساسى للمنطقة . وبعد ذلك ترفع هذه الظاهرات رفعا تفصيليا بالترافرس أو بنيره من طرق الرفع . ويلاحظ في تعيين مواقع الظاهرات أن طريقة التقاطع أسهل من طريقة التقاطع العكسى .



شكل ( ٨٤ ) جزيرة مضطاة بالمثلثات الشبكية

ويعرف هذا النوع من المثلثات بالمثلثات الشبكية البيانية .  
على أن مساحة الأقطار الكبيرة لا يمكن الاعتماد فيها على البلانشيطة لإقامة مثل هذه الهيكل الأساسية التي تغطي القطر كله ، ذلك أن نقل البلانشيطة من مكان إلى آخر وطبيعة

العمل بها لا تخلو من بعض الأخطاء . وإذا كانت هذه الأخطاء البسيطة لا تؤثر في رفع المناطق المحدودة المساحة فإنها لا تلبث أن تتراكم كلما تقدم العمل في رفع المناطق الواسعة ثم إن هناك أمراً آخر لا يعمل له حساب في المساحة بالبلانشيطة هو الفرق في المنسوب بين كل نقطة وأخرى ، فالنقط الثابتة قد تكون على قمة جبل مرتفع ، وقد تكون على تل صغير ، وقد تكون في منطقة سهلية تبعاً لظروف التضاريس وظروف العمل ، ومع ذلك فإننا نرفع بالبلانشيطة هذه النقط المختلفة المنسوب كما لو كانت كلها على مستوى واحد .

لذلك كله كان لا بد من الاعتماد على أجهزة أكثر دقة تراعى فيها الاعتبارات التي ذكرناها إلى جانب مراعاة السرعة في العمل . وتعتمد الثلاث التي ترمم بالتيودوليت - وهو أهم هذه الأجهزة - على عمليات رياضية دقيقة ، ولذلك تعرف مثلثاتها بالمثلثات الشبكية الرياضية .

ولما كانت مساحة الأقطار الواسعة من العمليات التي تتطلب تقنيات كبيرة ، فإن الحكومات في العادة هي التي تتولاها .

## التيودوليت

### Theodolite

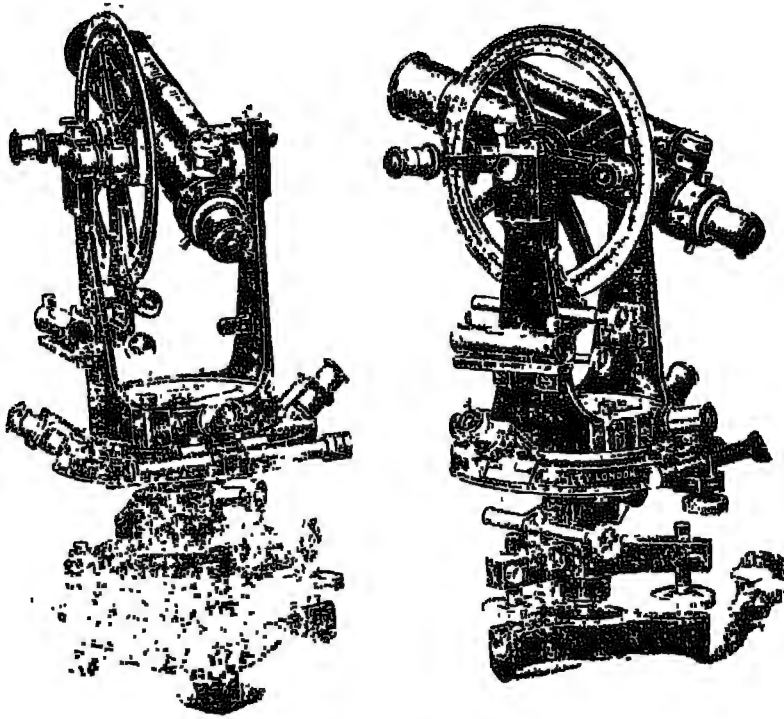
التيودوليت جهاز يستخدم في قياس الزوايا الأفقية والرأسية على السواء . وهو أدق الأجهزة التي تستخدم في هذا الصدد وأكثرها استعمالاً في جميع الأعمال المساحية التي تتطلب دقة في العمل .

ورغم تعدد أنواع أجهزة التيودوليت إلا أنه يتركب عموماً من قسمين رئيسيين :

أولهما - القاعدة السفلى وبها قرص أفقي مدرج مثبت في الغلاف الخارجي للمحور الرأسى للمنظار وبها مسامير لضبط القاعدة ومسار لربط حركة الجهاز ، كما أنها حلقة الاتصال بين الجهاز وحامله .

وثانيهما - القاعدة العليا وبها حامل الورنية وميزان التسوية والمنظار ، كما أن بها مسار لربط القاعدة العليا بالقاعدة السفلى .

وجدير بالذكر أن ربط مسار القاعدة السفلى يمنع حركة القرص الأفقي فقط ولا يمنع حركة المنظار الأفقية الذي توقف حركته بواسطة ربط مسار القاعدة العليا .



شكل ( ٨٥ ) التيودوليت

ولاستخدام التيودوليت في قياس الزوايا الأفقية يتحرك التاسكوب مع القرص الرأسى حركة أفقية دائرية على القرص الأفقى . وهذا القرص الأفقى مدرج من صفر إلى ٣٦٠ درجة تبين أجزائها ورنية خاصة بالقرص الأفقى . ويستمان في هذه الحالة بميزان لضبط أفقية القرص الأفقى .

ومراعاة للدقة يحسن أن يقرأ التيودوليت قراءتين في رصد أية زاوية وبؤخذ متوسط القراءتين .

#### استخدام التيودوليت في رفع المساحات الواسعة بالمثلثات الشبكية :

قلما يحتاج الشخص لعمل هيكل أساسى كامل للمنطقة المراد رفعها ذلك أن مساحة المساحة قد أقامت النقط الثابتة في جميع أنحاء الجمهورية ، وهى نقط قد حددت تحديدا دقيقا بالتيودوليت .

وهناك نقط من الدرجة الأولى تعرف بالنقط الجيوديسية Geodetic ، وأخرى من الدرجة الثانية والثالثة .

فإذا أراد الشخص أن يقوم بعمل مساحة لمنطقة واسعة فمايه أولاً أن يحصل من مصلحة المساحة على إحداثيات النقط الثابتة الموجودة في المنطقة المراد رفعها . ويمكنه كذلك الحصول على درجات الطول والعرض ومناسيب هذه النقط، أى ارتفاعها عن مستوى سطح البحر إن كان هناك ما يدعى لذلك فإذا وصل الشخص للمنطقة فمايه أولاً أن يتجول فيها للتعرف على موقع كل من النقط الثابتة على الطبيعة ولكن هذه النقط الثابتة لا تكفى عادة لتمطية المنطقة بشبكة من المثلثات ولذلك عليه أن يختار نقطاً أخرى تصلح لأن تكون رؤوساً لمثلثات ، يراعى في اختيارها إمكان رؤيتها من النقط المجاورة . ولذلك يحسن أن تكون نقطاً مرتفعة وفي مواقع بارزة ، كما يراعى ألا تقل الزاوية في المثلث عن  $30^\circ$  بل يحسن ألا تقل عن  $40^\circ$  ، ويفضل أن تكون هذه النقط مثلثات أقرب إلى تساوى الزوايا والأضلاع ، فضلاً عن توزيعها توزيعاً عادلاً لتمطى المنطقة بشبكة مثلثات كاملة

ثم تمين مواقع هذه النقط بعلامات ينبغي أن تكون كبيرة الحجم متميزة الشكل حتى يسهل رؤيتها من بعيد وقد تكون عبارة عن قرص من النحاس أو الحديد مركب على حجر يثبت في الأرض ، وقد يحتاج الأمر إلى بناء ما يعرف بالأبراج Beacons .

وعند الرصد ينبغي أن يوضع التيودوليت بحيث يكون مركز الحامل فوق مركز العلامة بالضبط ، إذ كثيراً ما يرجع الخطأ في الرصد إلى عدم الدقة في مسامته مركز التيودوليت لمركز العلامة . وقد تغلبت مصاحبة المساحة على ذلك بأن زودت العلامات بثلاث حفر على أبعاد متساوية من نقطة مركز العلامة ، وعند الرصد توضع أرجل الحامل في هذه الحفر الثلاث .

ويراعى عند اختيار خط القاعدة أن يكون على أرض مستوية أو ذات ميل منتظم . وأن يكون طوله خالياً من كل ما يعوق عمليتي التشخيص والقياس مثل الأشجار والحشائش الطويلة والرتيمات والمباني وما إلى ذلك . كذلك ينبغي في خط القاعدة أن يكون منسوب طرفيه واحداً ، فإذا تعذر ذلك يصحح الطول . ولما كان خط القاعدة هو الخط الرئيسى الوحيد الذى يقاس على الطبيعة قياساً مباشراً ينبغي قياسه بمنتهى الدقة ، ويقاس عادة بشريط صلبى معين مصنوع من مواد تقلل كثيراً من مقدار تمدده بالحرارة . ويحسن اختيار أكثر من خط قاعدة واحد في شبكة المثلثات لضبط العمل ، وذلك بمقارنة الأطوال المقيسة قياساً مباشراً بأطوالها المحسوبة من زوايا المثلثات المجاورة .

ثم إلى ذلك مرحلة قياس زوايا هذه المثلثات بالتيودوليت ، ويمكن الاكتفاء بقياس زاويتين في كل مثلث ، ولكن حرصاً على الدقة كثيراً ما تقاس الزوايا الثلاث ، وهذا ما تفعله مصلحة المساحة ولا سيما في مثلثات الدرجة الأولى . وبذلك يتم إنشاء المثلثات التي تمثل الهيكل الأساسي للقطر أو الإقليم المراد رفعه .

بعد ذلك تبدأ مرحلة رفع التفاصيل والظواهر المختلفة لتوقيمها داخل كل مثلث من هذه المثلثات الشبكية .

الأدوار التي مرت بها عملية مساحة ج . ع . م . :

غطيت الجمهورية بمثلثات من الدرجة الأولى . ومثلث الدرجة الأولى ( المثلث الجيوديسي ) هو أدق المثلثات على الإطلاق ، وأضلاعه طويلة تتراوح بين ٤٠ ، ٥٠ كيلومتراً ويحدد كل ركن من أركانها بعلمتين إحداها مدفونة في الأرض والأخرى ظاهرة على سطح الأرض ، وذلك لضمان عدم ضياع العلامة نظراً لأهمية هذه النقاط الجيوديسية وتقاس زوايا هذا المثلث بتيودوليت كبير ودقيق يقرأ لثانية . من الثانية والخطأ المسموح به في مجموع زوايا أي مثلث ينبغي ألا يتعدى ثانية واحدة . وتكون هذه المثلثات بمثابة الإطار الخارجي الذي تربط عليه مثلثات الأنواع الأخرى بالترتيب . ويرسم مثلث الدرجة الأولى بمقياس ١ : ٥٠٠٠٠ ثم يقسم إلى مثلثات الدرجة الثانية . ويتراوح ضلع مثلث الدرجة الثانية بين ١٠ ، ١٥ كيلومتراً . ويستخدم في رصد زواياه تيودوليت دقيق كسابقه . والخطأ المسموح به في هذا النوع خمس ثوان في مجموع زوايا كل مثلث . ويستخدم هذا النوع من المثلثات في ربط نقاط المثلثات التالية لها في الدرجة بنقاط مثلثات الدرجة الأولى . ثم تقسم مثلثات الدرجة الثانية بدورها إلى مثلثات الدرجة الثالثة والرابعة التي يتراوح طول ضلعها بين ثلاثة وأربعة كيلومترات . ويسمح في رصدها بخطأ لا يتجاوز عشر ثوان في مجموع زوايا المثلث الواحد .

ثم تعين داخل مثلثات الدرجتين الثالثة والرابعة نقاط الترافس وحدود الأحواض الزراعية بقضبان حديدية تدق في الأرض على حدود الأحواض والملكيات . ثم يرسم الخوض على ورق سميك بمقياس ١ : ١٠٠٠ وتسلم لوحات الأحواض إلى مهندس القبط ليتولى حشو هذه الأحواض وذلك برفع القنوات والترع والساقى وحدود الأحواض والمباني والقناطر والطرق بأنواعها وكل ما في الطبيعة من معالم . وبعد أن يتم تحشية هذه اللوحات

تضم لبعضها حسب نقط الترافرس السابق تمييزها وترسم بدقة مصغرة إلى مقياس ٢٥٠٠:١  
فنجصل بذلك على الخرائط التفصيلية ( الكداسترالية ) المعروفة بخرائط فك الزمام . ومن  
مجموعها تعمل خرائط بمقياس ٢٥٠٠:١ ، ٥٠٠:١ ، ١٠٠:١ ، ١٠٠:١  
الطبوغرافية ، والأخيرة هي التي تكون مجموعة أطلس مصر الطبوغرافي .

ونظراً لمظم ما تكلفه هذه المساحة فإن امتداد شبكة المثلثات تكاد تقتصر على أجزاء  
الوادي والدلتا فقط وبعض الجهات الساحلية ، دون سائر الأراضي الصحراوية التي لا تدعو  
الحاجة إلى مساحتها بمثل هذه الطريقة الباهظة التكاليف ، إذ يكتفى في رفعها بطرق بسيطة  
لا تراعى فيها مثل هذه الدقة التامة .

ويلاحظ في المساحة الجيوديسية أن تصحح الزوايا بالنسبة لكروية الأرض ، إذ أن  
المثلثات أو الأشكال في هذه الحالة تعتبر كروية ، ولذلك فإن مجموع الزوايا المقيسة يزيد على  
مجموع زوايا المثلث أو الأشكال المستوية المناظرة لها بمقدار ما يعرف بالزيادة الكروية ،  
وهذه تساوي ثانية واحدة لكل ٢٠٠ كيلو متر .

## الميزانية

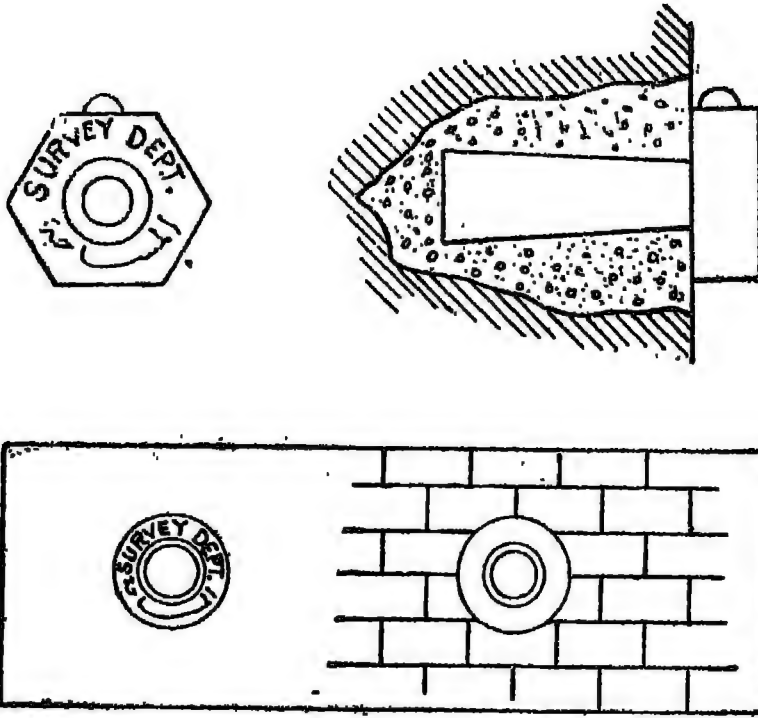
• Levelling •

تبحث الميزانية في قياس ارتفاع أو انخفاض النقط الموجودة على سطح الأرض بالنسبة لبعضها البعض الآخر أو بالنسبة لسطح ثابت يعرف بمستوى المقارنة، وهو في العادة مستوى سطح البحر في العمليات المساحية الكبيرة . ومستوى المقارنة في مصر هو متوسط منسوب سطح البحر المتوسط عند ميناء الاسكندرية ، والسطح الثابت عبارة عن مستوى يبعد عن مركز الكرة الأرضية بمقدار ثابت ، لجميع النقط على المسطحات المائية المفتوحة تتساوى في البعد عن مركز الكرة الأرضية . ويعرف البعد الرأسي بين أية نقطة على سطح الأرض ومستوى المقارنة بمنسوب هذه النقطة . ويعتبر هذا المنسوب موجبا إذا كانت هذه النقطة فوق مستوى المقارنة ، وسالبا إذا كانت تحته .

ولما كان منسوب أية نقطة على سطح الأرض يساوى مقدار ارتفاع أو انخفاض هذه النقطة عن مستوى المقارنة المصطلح عليه فلا بد إذا لإيجاد منسوب أية نقطة من أن تسلسل ميزانية تبدأ من مستوى المقارنة وتنتهي عند هذه النقطة مهما طالت المسافة بينها وتسهيلا لهذا قامت مصلحة المساحة بسلسلة عدة ميزانيات أسامها مستوى المقارنة ومتجهة في اتجاهات مختلفة . والغرض منها تثبيت نقط في الطبيعة وحساب مناسيبها . ووضعت في كل نقطة علامة خاصة تعرف بالروير للرجوع إليها عند اللزوم وقد عملت مصلحة المساحة على طبع كتب تبين مناسب ومواقع وأرقام الرويرات المختلفة التي وضعتها في مصر .

والرويرات نوعان : أولهما علامات حائط وهي عبارة عن اسطوانات من الحديد تثبت في جدران المباني الهامة في مواضع ظاهرة مرتفعة عن الأرض قليلا ، ولها رؤوس سداسية وبأعلاها عقدة نحاسية صغيرة نصف كروية ، أو مستديرة ، ومكتوب عليها في كلتا الحالتين « المساحة . Survey Dept » ، ويقصد بمنسوبها منسوب أعلى نقطة فيها .





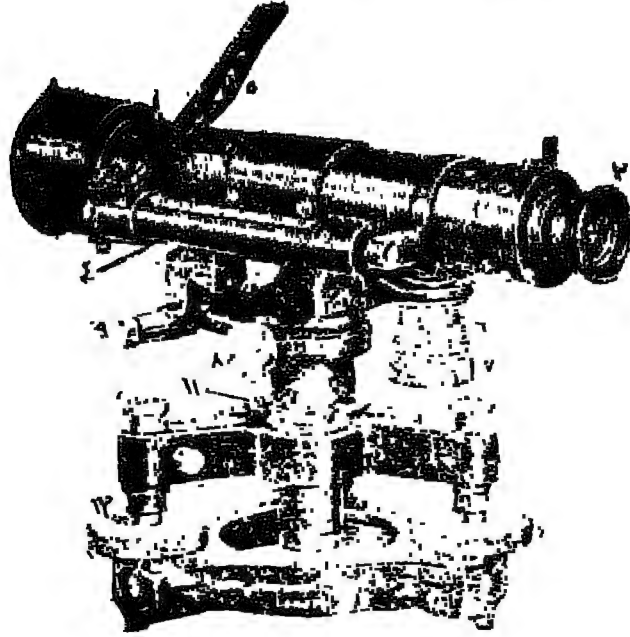
شكل ( ٧٦ ) روبراب الماخذ

وثانيها عبارة عن مواسير من الحديد تثبت عادة على الطرق وجسور الترع والصارف ويجوار الخطوط الحديدية وفي الصحراء . وطول الماسورة عادة ٢٧٥ متراً وقطرها ٦ سم وبنهايتها السفلى بريمة تساعد على تثبيتها في الأرض ، وبنهايتها العليا غطاء مكتوب عليه ( SD - B M ) وهذه الحروف اختصار ( Survey Dept. - Bench Mark ) . وتستخدم في قياس المناسيب أجهزة تعرف بالموازين Levels . وهناك بضعة أنواع من الموازين سند ذكر منها ميزان كوك .

#### ميزان كوك : Cooke Level

يتركب ميزان كوك من تلسكوب ذي عدستين إحداها مينية والأخرى شبيئية . ومركب أمام العدسة المينية حامل شمرات ( Stadia ) به شمرتان رأسيان وثلاث أفقية متوازية . وبأعلا التلسكوب ميزان مياه لضبط أفقية التلسكوب مركب عليه مرآة بزاوية مقدارها ٤٥ درجة تواجه عين الراصد ما كسة لها صورة ميزان المياه ، فيسهل عليه ملاحظة دقة أفقية التلسكوب أثناء الرصد . وبالتلسكوب مساران أحدهما لضبط البعد البؤري والآخر

لتحرك التلسكوب بعد تثبيت قاعدته إلى اليمين أو اليسار . ويرتكز التلسكوب على قاعدة ذات ثلاثة مسامير تستخدم في ضبط أفقية القاعدة بمساعدة ميزان مياه آخر مستدير . وترتكز هذه القاعدة بالتالى على حامل ثلاثى .



شكل (٨٧) ميزان كوك

١ — تلسكوب . ٢ — عدسة عينية . ٣ — عدسة شئية . ٤ — ميزان مياه مثبت بمجدار التلسكوب . ٥ — مرآة مربوطة بفلاف ميزان المياه ربطا مفصليا . ٦ — مقياس الميكروميتر . ٧ — فلاف الميكروميتر . ٨ — مسمار ربط المحور الرأسى لدوران التلسكوب . ٩ — مسمار الحركة البطيئة للمحور الرأسى لدوران التلسكوب . ١٠ — قاعدة الجهاز . ١١ — ميزان مياه مستدير لضبط أفقية القاعدة . ١٢ — ثلاثة مسامير تستخدم في ضبط أفقية القاعدة .

وتستخدم مع الميزان مسطرة خاصة طويلة تسمى القامة متر Staff . وهناك نوعان من القامة متر أحدهما عبارة عن مسطرة من الخشب طولها نحو أربعة أمتار، وتتركب من جزئين يتصلان ببعضهما بفصلات بحيث يمكن فردهما وجعلهما على استقامة واحدة بواسطة خطاف . أما النوع الآخر فيتركب من ثلاثة أجزاء على شكل صناديق طويلة مجوفة تتداخل في بعضها حتى يسهل حملها . ويتصل كل جزء مع ما قبله من أسفله بواسطة يابى يحملها رأسية . وهذه الأوجه مقسمة — كالتنوع السابق — إلى أمتار وديسيمترات وسنتيمترات . وعند الرصد توضع القامة عند النقطة المراد تعيين منسوبها في وضع رأسى صحيح ، ويوضع الميزان عند نقطة ثابتة النسوب كالروبير أو نقطة ملاومة المنسوب . ويمكن وضعه فوق نقطة منسوبها غير معلوم إذا لم يكن المقصود بالعملية هو مجرد معرفة



الفرق بين منسوب النقطتين . ثم يحرك تلسكوب الميزان تجاه القامة وتضبط أفقيته بمساعدة موازين المياه المخصصة لهذا الغرض ، بحيث يضم التلسكوب القامة متر بين الشعرتين الرأسيتين المتوازيتين الموجودتين في حامل الشعرات مع مراعاة ثبات القامة في موضعها . ويلاحظ أن صورة القامة تظهر مقلوبة في المنظار وبذلك يجب أن تكون القراءات من أعلى إلى أسفل داخل المنظار وتدون القراءات في دفتر خاص يعرف بدفتر الميزانية .

### الميزانية البسيطة :

هى إيجاد مناسب نقط مختلفة بالنسبة لنقطة ثابتة واحدة دون نقل الميزان من موضعه مهما كان عدد القراءات التى تقرأ تبعاً لتغير موضع القامة . والميزانية البسيطة فى الواقع لا تزيد على مجرد إيجاد الفرق بين منسوب نقطتين على سطح الأرض إحداها ثابتة وفى الغالب منسوبها معلوم .

### الميزانية المركبة :

وهى التى لا يمكن القيام بها إلا بنقل الميزان من موضعه ووضعها فى نقط مختلفة بسبب طول المسافة أو وجود ما يمنع الرؤية أو للسببين معاً .

وتنقسم الميزانية المركبة إلى ثلاثة أنواع هى : الميزانية الطولية والميزانية العرضية والميزانية الشبكية . وسندرس من هذه الأنواع الثلاثة

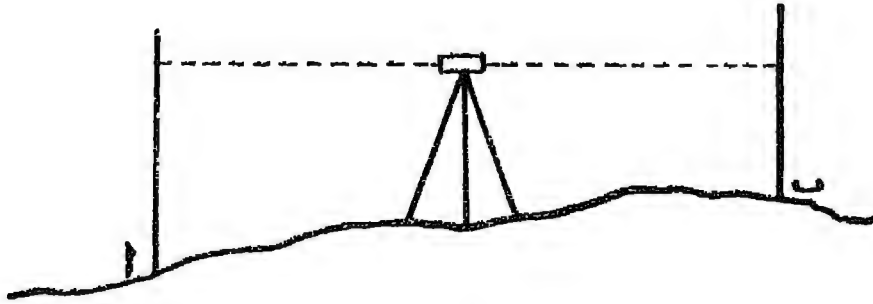
شكل (٨٨) القامة متر

الأول والأخير . أما الميزانية العرضية فهى لاتهم الجغرافى فى كثير أو قليل . وإن كان يهتم بها المهندس المدنى خصوصاً عند حفر الترع والمصارف وذلك لتساعده فى حساب مكعبات الحفر والردم .

### إيجاد الفرق بين منسوب نقطتين :

إذا طلب إيجاد الفرق بين منسوب نقطتين مثل ١ ، ٢ فى الشكل (٨٩) فختار فى

هذه الحالة نقطة متوسطة نضع فيها الميزان مع مراعاة إمكان رؤية القامة في كل من النقطتين  
١، ب إذا وضعت رأسية . ثم نوجه تلسكوب الميزان نحو القامة بعد وضعها رأسية في  
نقطة ١ ونقرأها من خلال التلسكوب ولتكن القراءة في هذه الحالة ٢٠ و٢ مترًا ثم نعيد  
توجيه تلسكوب الميزان نحو نقطة ب بعد نقل القامة ووضعها رأسية فيها ونقرأها ولنكن  
القراءة في هذه الحالة ١ مترًا . ومعنى هذا أن النقطة ب أعلا من النقطة ١ بمقدار الفرق بين القراءتين  
وهو ١٠ و٢ مترًا لأن القراءة الصغرى تقرأ على أعلا النقطتين .



شكل ( ٨٩ )

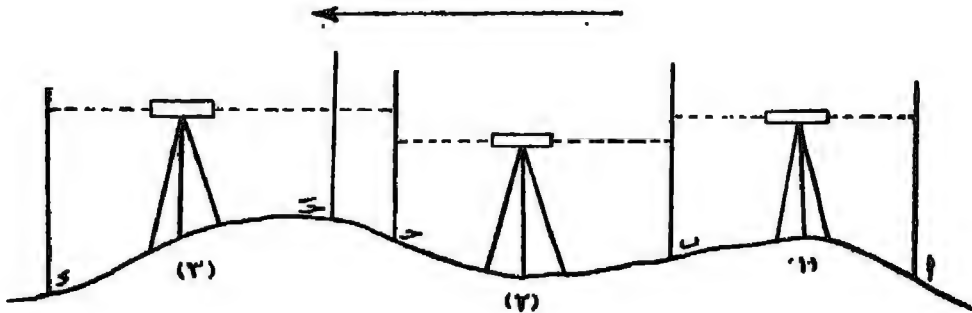
وإذا فرض وكان منسوب إحدى النقطتين معلوما وطلب حساب منسوب النقطة  
الأخرى فيمكن إجراء ذلك بعملية حسابية بسيطة . فإذا علم أن منسوب نقطة ١ ٤٠ مترًا  
فوق مستوى المقارنة فإن منسوب نقطة ب في هذه الحالة سيكون  $٤٠ + ١٠ = ٥٠$  مترًا .  
أما إذا كان منسوب ب هو المعلوم وكان ٤٠ مترًا فإن منسوب نقطة ١ في  
هذه الحالة سيكون  $٤٠ - ١٠ = ٣٠$  مترًا .

### عمل ميزانية طولية :

تستخدم الميزانية الطولية في إيجاد الفرق بين منسوب نقطتين بعيدتين من بعضهما أو  
يوجد بينهما من الموائق ما يحول دون رصد كليهما من وضع واحد للميزان أو للسبيين معاً .  
ولذلك ينجز العمل على مراحل تمثل كل مرحلة منها عملية إيجاد الفرق بين منسوب نقطتين  
التي سبق شرحها .

ففي الشكل ( ٩٠ ) المطلوب إيجاد الفرق بين منسوب ١، و أو حساب منسوب  
نقطة و على اعتبار أن منسوب ١ بالنسبة لمستوى المقارنة معلوم . فنبداً العملية بوضع الميزان  
في نقطة هـ أقصى ما نستطيع أن نقرأ منها القامة . إذا وضعت عند نقطة ١ كما هي الحال في

الوضع ( ١ ) ثم نقرأ القامة وتعرف بالنظرة الخلفية أو المؤخرة لأنها وجهنا فيها تلسكوب الميزان عكس اتجاه خط السير من ١ إلى ٥ . ثم نقل القامة إلى نقطة مثل ب بحيث تبعد عن الميزان بمسافة تقرب من بعد الميزان عن ١ ونوجه نحوها تلسكوب الميزان لقراءة القامة، وتسمى هذه القراءة بالنظرة الأمامية أو المقدمة لأنها في اتجاه خط السير . وبهذا تكون المرحلة الأولى قد تمت . ومن ثم نبدأ المرحلة الثانية بأن نقل الميزان من الوضع ( ١ ) إلى الوضع ( ٢ ) ونراعى في اختياره نفس الشروط التي روعيت في اختيار موضعه الأول . ثم نقرأ القامة وهي في ب مرة أخرى بعد إدارتها وجعل تقاسيمها مواجهة للتلسكوب وتعتبر هذه القراءة نظرة خلفية . ثم نوجه التلسكوب نحو نقطة ج بعد وضع القامة فيها ونقرأها قراءة أمامية وبذلك تنتهى المرحلة الثانية . وهكذا تتكرر العملية بعد نقل الميزان إلى الوضع ( ٣ ) .



شكل ( ٩٠ )

وإذا فرض في المرحلة الثالثة أن طلب إيجاد منسوب نقطة متوسطة بين مؤخرة هذه المرحلة ومقدمتها ولتكن ج فنقرأ القامة عند هذه النقطة من الميزان وهو في وضعه، وتعرف هذه القراءة بالنظرة المتوسطة، ويحسب منسوبها بالنسبة لنقطة ج ، وتدون كل هذه القراءات في دفتر خاص يعرف بدفتر الميزانية بشكل يسهل حساب مناسيب النقاط بالنسبة لبعضها البعض الآخر وبالنسبة لنقطة البداية على فرض معلوميتها . وهناك طريقتان لتدوين الميزانية هما طريقة الارتفاع والانخفاض وطريقة سطح الميزان .

والجدول التالي دونت فيه الميزانية بالطريقة الأولى :

ملاحظات	مسافة	منسوب	انخفاض	ارتفاع	أمامية	متوسطة	خلفية
نقطة ١ وهي روير متسوبا ٤٠ مترا	صفر	٤٠					١٦٠
ت	١٠٠ متر	٤٠ و ٢٠	٠ و ٢٠		١٤٠		١٢٥
ح	٢٢٠	٤١٠	٠ و ١٠		١٣٥		١٢٠
ع	٢٤٠	٤٢٠		١١٠		١١٠	
د	٣٥٠	٣٩٠ و ٦٥	٠ و ٤٥		١٦٥		

ويلاحظ من هذا الجدول أن الفرق بين مجموع النظرات الخلفية والنظرات الأمامية =  
الفرق بين مجموع الارتفاعات والانخفاضات باستثناء النظرات المتوسطة ) = الفرق بين  
منسوب نقطة البداية ونقطة النهاية .

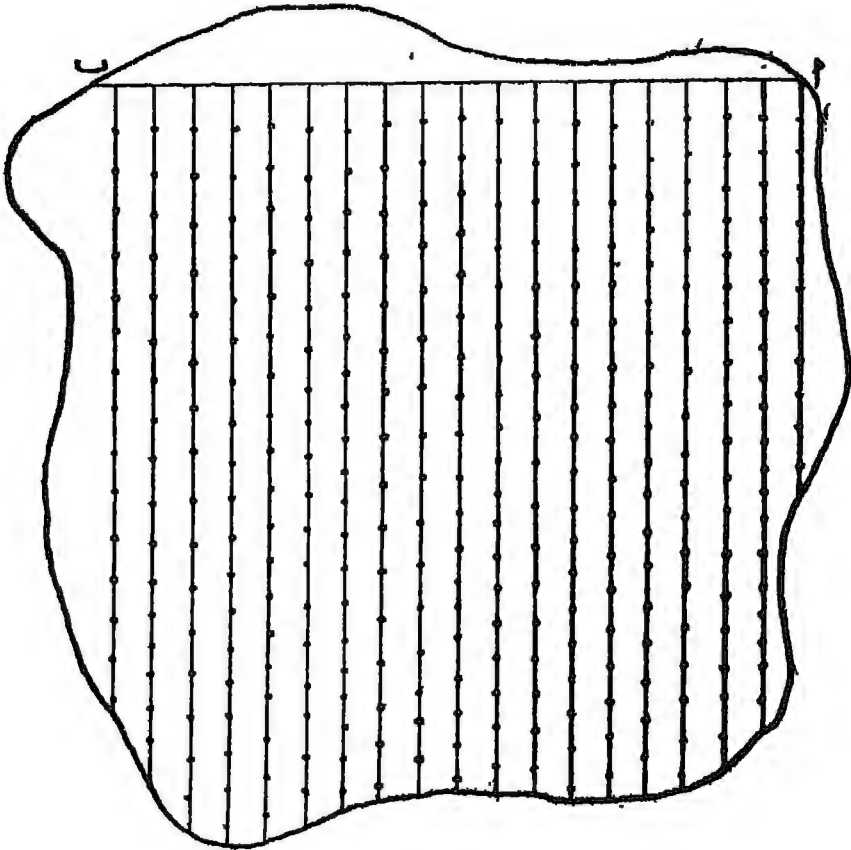
مجموع النظرات الأمامية = ٤٠ و ٤٠ مترا  
مجموع النظرات الخلفية = ٤٠ و ٥٥ مترا  
الفرق بينهما = ٠ و ٣٥ مترا  
مجموع الانخفاضات = ٠ و ٥٥ مترا  
مجموع الارتفاعات = ٠ و ٢٠ مترا  
الفرق بينهما = ٠ و ٣٥ مترا

أما الفرق بين منسوب نقطة البداية (١) ونقطة النهاية (ب) فهو  
٤٠ - ٣٩٠ و ٦٥ = ٠ و ٣٥ مترا

### الميزانية الشبكية :

هي أهم أنواع الميزانية بالنسبة للجغرافى إذ عن طريقها يتم رسم الخرائط الكنتورية .  
والواقع أن الميزانية الشبكية ما هي إلا عدة عمليات متتامة لميزانيات طولية .  
إذا أردنا عمل ميزانية شبكية لمنطقة من الأرض كجزيرة مثلا، أو بمعنى آخر إنشاء  
خريطة كنتورية لهذه الجزيرة فهناك طريقتان هما الطريقة المباشرة والطريقة غير المباشرة .

وفي الطريقة غير المباشرة نختار خطاً هو أشبه بخط القاعدة في المساحة التفريديّة يحسن أن يكون قريباً وموازيّاً لأطول حد من حدود الجزيرة وليكن في الشكل ( ٩١ ) الخط اب . ثم نقسم هذا الخط إلى أقسام متساوية ونذكر أوتاداً تفصل بين هذه الأقسام ثم نبدأ بإجراء ميزانية طولية للخط اب ، أو بمعنى آخر نحصل على مناسيب الأوتاد على أساس منسوب نقطة البداية او على اعتبار أن منسوب نقطة معلوم ثم نقيم عموداً من كل وتد على خط القاعدة اب ، ونجرى ميزانية طولية على كل عمود من هذه الأعمدة ، ونحسب مناسيب نقط مختلفة نختارها على هذه الأعمدة على أساس نقطة البداية لكل ، وهي النقاط التي حصلنا على مناسيبها في الميزانية الطولية الأولى . ونذكر أوتاداً في الميزانية الجديدة ونكتب على كل وتد منسوب النقطة الغروس فيها . وبذلك نكون قد غطينا الجزيرة بشبكة من الأوتاد ذات المناسيب المعلومة ثم نبدأ في رسم خطوط الكنتور « Interpolation » وعلى أساس التناسب بين المناسيب والمسافات بين كل نقطة وأخرى نستطيع أن نحدد موقع منسوب



شكل ( ٩١ )

خط الكنتور المراد رسمه . ومعلوم أن الفاصل الرأسى فى الخرائط الكنتورية ثابت على نحو ما سنرى بالتفصيل فى الفصل التالى .

أما فى الطريقة المباشرة فنقوم برسم خط قاعدة كالخط الذى رسمناه فى الطريقة غير المباشرة ، ثم نقيم أعمدة على النقاط التى تقسم الخط إلى أقسام متساوية أو قريبة من المتساوية . ويختلف هذه الطريقة عن سابقتها فى أننا نكلف حامل القامة فى أثناء الرصد بالتحرك على طول الخط حتى نقرأ فى القامة رقماً صحيحاً هو عبارة عن منسوب خط الكنتور المطلوب رسمه .



## الفصل الرابع

### خرائط التضاريس

تعتبر خرائط التضاريس Relief maps أهم الخرائط التي يستخدمها الجغرافي في دراسته لسطح الأرض . ورغم أهميتها القصوى فإنها لا تمثل إلا مظاهر جزئية مختارة ؛ فخرائط التضاريس في الواقع ماهي إلا جزء من الخريطة الطبوغرافية الشاملة . وفائدة الفصل بين النوعين هو أن هذه الخريطة توضح للعين مالا تستطيع أن تراه بسهولة على الخريطة الطبوغرافية الشاملة ، كما أنها تعيننا على تنمية فن قراءة الخرائط .

وليس هناك أفضل من تجزئة العناصر العديدة لخريطة أحسن صنعها ، فكل هدف الخرائط الطبوغرافية هو تجميع العناصر حتى يمكن رؤيتها مترابطة في لوحة واحدة . ولكننا نجابه بصعوبة تحليل الخريطة الطبوغرافية بسبب قصور الخريطة ذاتها ، إذ أن كل طبقة من المعلومات تحجب حتما جزءاً من الطبقات التي تسبقها ، ولكن الجزء الأكبر من هذه الصعوبة يرجع إلى افتقار القارئ لهذه المهارة التي لا يمكن الحصول عليها إلا بالدراسة والتدريب .

وخرائط التضاريس تمثل المظاهر التضاريسية Relief features لسطح الأرض ولا تزيد عليها الخريطة الطبوغرافية إلا من حيث تضمينها للمظاهر الحضارية Cultural features التي صنعها الإنسان مثل المدن والطرق والكبارى والسكك الحديدية . . . الخ . ولا تهدف خرائط التضاريس إلى توضيح المناطق على لوحة مسطحة بأي شكل كان ولكنها تهدف إلى توضيح التفاصيل مع عدم إهمال تمثيل البعد الثالث Third dimension في الخريطة . وهناك عدة طرق لتمثيل سطح الأرض على خرائط التضاريس :

- |                |                   |
|----------------|-------------------|
| Spot - heights | ١ - تقطع المناسيب |
| Hachures       | ٢ - الهاشور       |
| Form lines     | ٣ - خطوط الهيئة   |
| Contour lines  | ٤ - خطوط السكتور  |

### (أولا) نقط المناسيب

نقط المناسيب عبارة عن البعد الرأسى بين أية نقطة على سطح الأرض وبين مستوى ثابت يعرف بمستوى المقارنة Datum ويعتبر متوسط ارتفاع سطح البحر Mean sea level هو مستوى المقارنة لجميع دول العالم . ولكن لابد من تحديد مكان فى كل دولة يبدأ منه تسلسل القياس بين مستوى المقارنة وبين أية نقطة فى هذه الدولة مهما طالت المسافة بينها . وتذليلا لهذا الجهد الكبير تقوم مصالح المساحة فى دول العالم بسلسلة جملة ميزانيات تبدأ من مستوى المقارنة وتتجه فى جميع الاتجاهات ، والفرض منها تثبيت جملة نقط فى الطبيعة وتحديد مناسيبها ، ثم تضع هذه المصالح فى كل نقطة علامة خاصة تعرف بالروير Bench Mark للرجوع إليها عند الضرورة ، على نحو ما ذكرنا فى دراسة الميزانية .

وفى مصر مثلا يعتبر متوسط ارتفاع سطح البحر المتوسط فى ميناء الإسكندرية مستوى للمقارنة تقاس منه جميع نقط المناسيب فى الجمهورية العربية المتحدة .

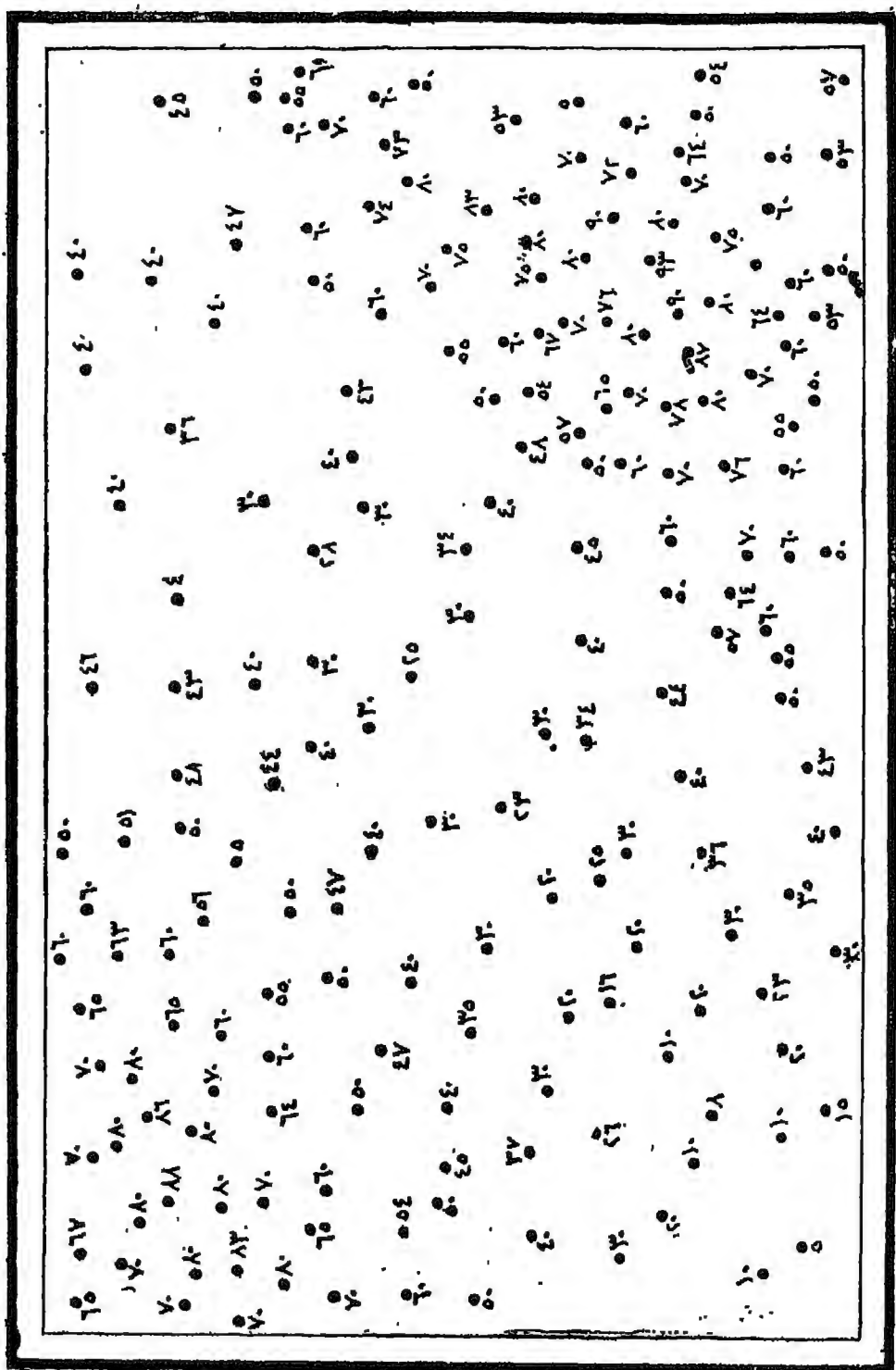
وتمطينا نقط المناسيب تحديداً دقيقاً لارتفاع وانخفاض سطح الأرض بالنسبة لمستوى المقارنة ، ولكنها فى الوقت ذاته لاتمطينا الإحساس بمدى تضرس سطح الأرض . وعلى هذا فلا يمكن اعتبار نقط المناسيب هدفاً نهائياً لتمثيل سطح الأرض على الخرائط، بل غالباً ما يكون تحديد نقط المناسيب مرحلة فى طريق إبراز هذا التمثيل بصورة أدق بالطرق الكارتوجرافية الأخرى . وحتى مع استخدام طرق تمثيل تضاريس سطح الأرض الأخرى فإننا قد نحتاج لنقط المناسيب فى تحديد ارتفاع قمم الجبال أو انخفاض قيعان الودية أو غيرها من مظاهر التضاريس المنفردة .

### (ثانيا) الهاشور

الهاشور عبارة عن خطوط قصيرة ترسم فى اتجاه انحدار التضاريس الأرضية ، ويزداد سمك هذه الخطوط كلما كان الانحدار شديداً ويقل هذا السمك كلما كان الانحدار طفيفاً ، وينعدم وجود الخطوط تماماً إذا كان سطح الأرض مستوياً سواء أكان هذا الإستواء على قمة جبل أم فى قاع واد ، وفى كلتا الحالتين تظهر المنطقة بيضاء بدون تهشير .

ولا تستخدم خطوط الهاشور فى تمثيل تضاريس سطح الأرض بصورة منفردة ، بل

شكل ٨٦ ( قسط النسيب )



تستخدم كطريقة مساعدة . ولا تشبه خطوط الهاشور الكنتورات في دقتها بل هي طريقة تصويرية pictorial فقط تعطى الإحساس بمدى تعقد التضاريس ولكن ليس على أساس مساحي دقيق .

وتستخدم طريقة الهاشور في المناطق الجبلية الوعرة في ثلاث حالات على وجه الخصوص :

١ - إذا حال تراحم خطوط الكنتور دون توضيح تضاريس سطح الأرض على أساس عدم إمكان رسم هذه الكنتورات .

٢ - إذا كان مقياس رسم الخريطة صغيراً لا يمكن من وضع نقط التناسب كلها أو رسم كل خطوط الكنتور .

٣ - إذا كانت المنطقة التي تمثلها الخريطة لم تَجْر لها مساحة دقيقة أو لم تَجْر لها مساحة على الإطلاق .

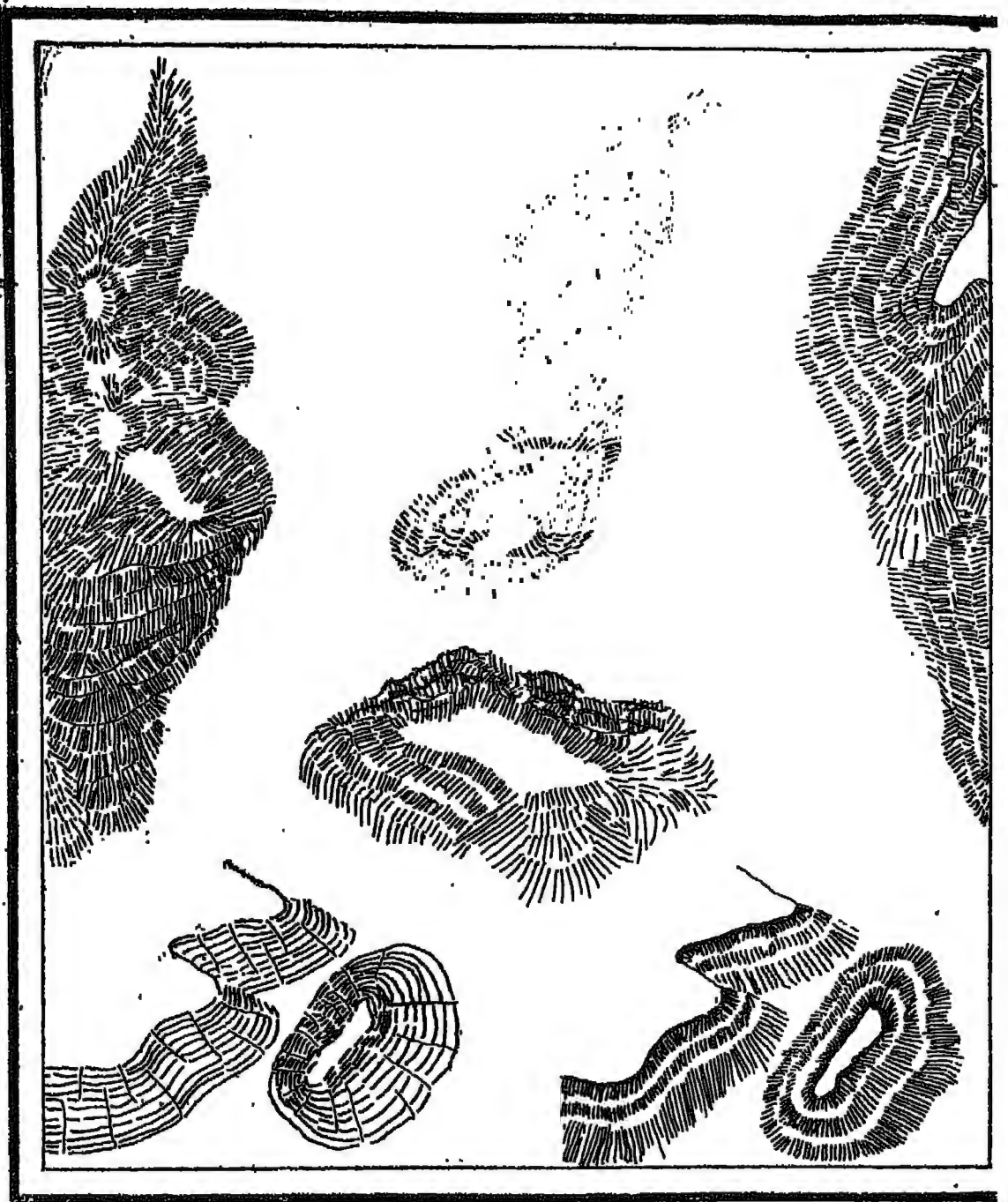
وبما أن هناك ارتباطاً وثيقاً بين استخدام طريقة الهاشور وبين تعقد التضاريس الأرضية فإن هذه الطريقة من طرق تمثيل سطح الأرض شائعة الاستعمال في الخرائط السويسرية على وجه الخصوص .

وإذا وجدت منطقة بيضاء بدون تهشير دل هذا على استواء التضاريس ؛ فإذا كانت هذه المنطقة وسط هاشور كثيف دل هذا على أنها منطقة مرتفعة ، وإذا كانت وسط هاشور خفيف دل هذا على أنها منطقة منخفضة .

وتستخدم خطوط الكنتور أو نقط التناسب مع الهاشور لكي تعطى قارى الخريطة فكرة تقريبية عن ارتفاع سطح الأرض في المنطقة التي تغطيها الخريطة .

ولا يشترط أن ترسم خطوط الهاشور باللون الأسود - وإن كان هذا هو الأمر الغالب - ولكنها قد ترسم في بعض الخرائط باللون البني أو الأرجواني .

ويعود تاريخ استخدام طريقة الهاشور إلى عهد بعيد، ولكن الأسس العلمية لها وضعت على يد ليمان Lehmann ( ١٧٦٥ - ١٨١١ ) في نهاية القرن الثامن عشر . وقد وضع ليمان طريقته على أساس افتراض سقوط الضوء على التضاريس الأرضية من أعلى ، ومن ثم فإن المناطق المستوية سواء أكانت مرتفعة أم منخفضة لا بد وأن تظهر باللون الأبيض لأنها



(شكل ٩٣) نماذج للهاشور

ستكون تحت الأضواء مباشرة. أما المناطق المنحدرة فإنها تأخذ لوناً داكناً يتزايد مع زيادة انحدار سطح الأرض. ويمثل انحدار سطح الأرض بخطوط متوازية تتبع في انحدارها الاتجاه الذي تنحدر فيه المياه على سطح الأرض. ويزداد سمك هذه الخطوط في المناطق

الشديدة الانحدار ، ويتناقص هذا السمك في المناطق القليلة الانحدار . فضلاً عن أن طول خطوط الهاشور يتزايد في المناطق التي يتميز سطح الأرض فيها بانحداره الطفيف .

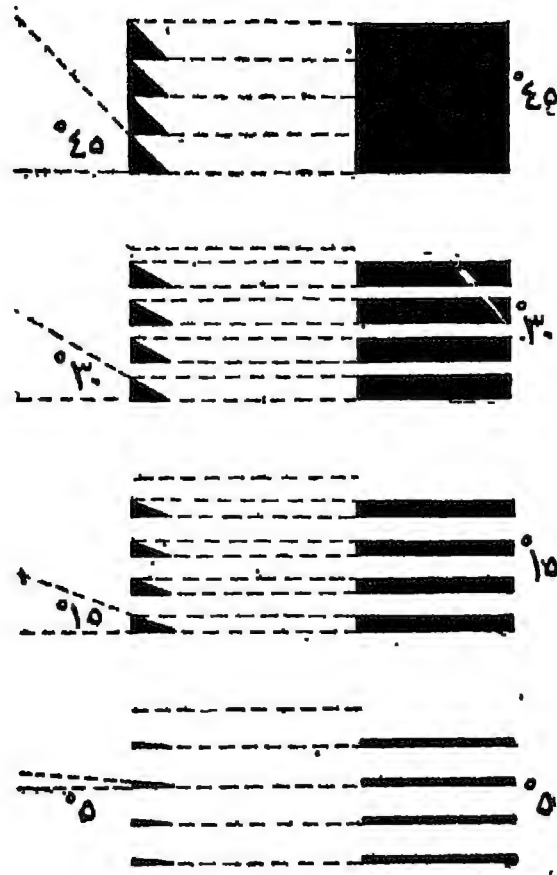
وقد استخدم ليمان نفس عدد خطوط الهاشور في البوصة الواحدة . ولكن إذا زاد انحدار سطح الأرض فإن سمك هذه الخطوط يتزايد تبعاً لذلك مع احتفاظ البوصة الواحدة بنفس عدد خطوط الهاشور بها .

ويوضح الشكل ( ٩٤ ) رسماً تخطيطياً لطريقة ليمان . وقد استخدم ليمان اللون الأسود تماماً لأية منطقة يزيد معدل انحدارها على  $45^\circ$  ، واللون الأبيض تماماً لأية منطقة يبلغ معدل انحدارها درجة الصفر . وعلى هذا الأساس تتناسب المسافة بين خطوط الهاشور وشدة انحدار سطح الأرض تناسباً عكسياً ، فإذا زادت نسبة انحدار سطح الأرض تناقصت المسافة بين خطوط الهاشور ، مع ملاحظة أن عدد خطوط الهاشور يظل ثابتاً في البوصة الواحدة مهما زادت أو نقصت المسافة بين الخطوط .

ففي الشكل ( ٩٤ ) نجد أن نصف البوصة يمر به أربعة خطوط هاشور ولكن مع اختلاف في زاوية انحدار سطح الأرض . ففي الجزء العلوى نجد أن معدل انحدار سطح الأرض يبلغ  $45^\circ$  ومن ثم فإن المنطقة ترسم باللون الأسود تماماً Solid Black ، لأن اللون الأسود يعبر عن انحدار قدره  $45^\circ$  ، ومن هنا تكون النسبة بين انحدار سطح الأرض والمسافة بين خطوط الهاشور كنسبة  $45 : 0$  ، أي أن المسافة بين خطوط الهاشور ستكون صفراً ومن ثم يغطي اللون الأسود كل المنطقة .

أما الجزء التالى فإن معدل انحدار سطح الأرض يبلغ  $30^\circ$  فتكون النسبة بين هذا المعدل وبين المسافة بين خطوط الهاشور كنسبة  $30 : 15$  ( لأن  $45 = 15 + 30$  ) وهو معدل اللون الأسود ( أى كنسبة  $2 : 1$  ) ومن هنا فإن سمك خط الهاشور يشغل ثلثي المسافة المخصصة لكل خط هاشور .

وفي الجزء التالى له يبلغ معدل انحدار السطح  $15^\circ$  فتكون النسبة بين هذا الانحدار والمسافة بين خطوط الهاشور كنسبة  $15 : 30$  أى  $1 : 2$  فيحتل اللون الأسود ثلث المسافة المخصصة لكل خط هاشور . وفي الجزء الأخير تبلغ نسبة انحدار الأرض  $5^\circ$  فيكون هذا السمك بنسبة  $5 : 40$  أى  $1 : 8$  ، فيشغل اللون الأسود ثمن المسافة المخصصة لكل خط هاشور .



( شكل ٩١ )

وقد اتسع نطاق استخدام طريقة ليمان في الخرائط الحربية في القرن الماضي ، إذ أن هذه الطريقة كانت تجسم تضاريس سطح الأرض بشكل واضح . وترجع أهمية هذه الطريقة في الخرائط الحربية إلى أهمية معرفة معدل انحدار سطح الأرض في عمليات القصف بالمدفعية . ورغم اعتماد طريقة ليمان على قياس زوايا ميل سطح الأرض فإن قراءة الهاشور كانت أمراً صعباً بسبب صعوبة قياس سمك خطوط الهاشور ، فضلاً عن أن رسم الخطوط ذاتها لا يمكن أن يتم بدقة كبيرة .

وقد شاع استخدام خطوط الهاشور منذ السبعينات من القرن الماضي بعد استخدام الألوان في الخرائط الكنتورية ، وذلك لتوضيح المظاهر التضاريسية الثانوية التي كانت تضعف بين الفواصل الرأسية الكبيرة في الخرائط الكنتورية .

وعند استعمال اللون الواحد في رسم خطوط الهاشور فإن شدة الانحدار يترتب عليه زيادة استخدام الحبر ، وينتج عن هذا أن تبرز بعض تفاصيل الخريطة للطمس .

وفضلاً من هذا فإن طريقة الهاشور إذا كانت تمكس انحدار سطح الأرض بشكل  
تجسيى واضح فإن الخريطة لا تبين ارتفاع الأرض عن سطح البحر ، ولذلك فإنه من  
الضرورى إضافة بعض نقط المناسب إلى خريطة الهاشور لتوضح الارتفاع التقريبي لسطح  
الأرض . وتضاف هذه النقط عند الملامح التضاريسية البارزة مثل قمة جبل ، أو منسوب  
سطح مياه بحيرة جبلية ، أو مستوى ارتفاع طريق برى فى قاع أجد الأودية مثلاً ، ويوضح  
هذا الارتفاع بوضعه بين قوسين .

وتطبيق هذه الطريقة يجب أن يسبقه علم تام بطبيعة سطح الأرض فى المنطقة التى  
تغطيها الخريطة ، لأن رسم خطوط الهاشور يتم مكتئباً بسيداً عن الميدان الذى يتم رفع  
تفاصيل الخريطة فيه .

وقد قلت الحاجة إلى استخدام طريقة الهاشور فى الخرائط الحديثة للميوب التى ذكرناها  
وحت محلها طرق أدق فى تمثيل سطح الأرض مثل استخدام خطوط الكنتور والألوان .  
ويقتصر استخدام هذه الطريقة فى الوقت الحاضر على خرائط الأطالس الصغيرة  
لإعطاء فكرة تقريبية عن تضاريس الأرض ، وكذلك فى الخرائط التى ترسم لأفراض  
خاصة يستلزم الأمر فيها إعطاء مستخدم الخريطة فكرة تقريبية عن شكل الأرض فى المنطقة  
موضوع الخريطة .

### ( ثالثاً ) خطوط الهيئة

خطوط الهيئة عبارة عن خطوط وهمية تمتد فوق سطح الأرض على ارتفاع واحد بالنسبة  
لسطح البحر ، أى أن كل خط منها يربط بين المناطق المتساوية الارتفاع . فخط الهيئة  
إذن هو الخط الناتج عن تقاطع سطح الأرض بسطح أفقى ، فنسوب أية نقطة على الخط هو  
نفسه منسوب السطح الأفقى القاطع .

وخطوط الهيئة على هذا الأساس ما هى إلا خطوط كنتورية عادية ولكنها تختلف  
فيها فى أمرين :

١ - خطوط الكنتور تعتمد على عمليات مساحية دقيقة بينما خطوط الهيئة تنشأ  
أساساً فى مناطق خالية من أى مسح جغرافى ، أى أن الخريطة التى تنشأ فيها خطوط  
الكنتور تكون مليئة بنقط المناسب فيستعان بهذه النقط فى رسم خطوط دقيقة تصل بين



الارتفاعات المتساوية في المنطقة . ولكن عمليات المسح الجغرافي قد لا تستمر بدقة حتى المناسيب المرتفعة من التضاريس أو لا تستمر في المناطق البعيدة عن العمران ، ومن ثم تحل الخريطة من تقطع المناسيب في مثل هذه المناطق .

وفي هذه الحالة لا يمكننا أن نرسم خطوطاً كنتورية محددة حتى لا نمطي قارى\* الخريطة ثقة كبيرة في الخطوط بينما عملية إنشائها قد تمت بصورة تقريبية . ولكن في مثل هذه المناطق نشيء نوعاً آخر من الخطوط حتى ننبه القارى\* ألا يضع ثقته الكاملة في الخريطة التي يستخدمها حيث أن الخطوط الكنتورية هنا قد أنشئت بطريقة تقريبية .

٢ - بما أن الخطوط الكنتورية ترسم على أساس عمليات مساحة دقيقة فإنها ترسم بصورة مستمرة Continuous منها اختلف سمك الخط الكنتورى ، ولكن خطوط الهيئة لا تعتمد على أساس دقيق من العمليات المساحية ومن ثم فإنها ترسم بشكل متقطع Broken . والخرائط المصرية مليئة بمثل هذا النوع من خطوط الكنتور التقريبية لا سيما في المناطق التي تبعد عن وادى النيل ودلتاه أو تلك التي تبعد عن مناطق التعدين والبترو ، أى المناطق التي دعت الضرورة الاقتصادية والعمرانية أن تنشأ لها خرائط دقيقة . أما في مناطق الصحارى الواسعة فإن خطوط الكنتور ترسم كلها بصورة تقريبية حتى ننبهه مستخدم الخريطة إلى أن هذه المناطق لم تبحر لها مساحة دقيقة .

وإذا كان من الأفضل استخدام خطوط الكنتور في رسم الارتفاعات فإن استخدام خطوط الهيئة لا يعيب الخريطة كثيراً ، لأن الهدف من كل الطرق الكارتوجرافية لتمثيل سطح الأرض هو إعطاء الدارسين الإحساس بالتضاريس Impression of relief وليس قياس ارتفاعات محددة .

#### ( رابعاً ) خطوط الكنتور

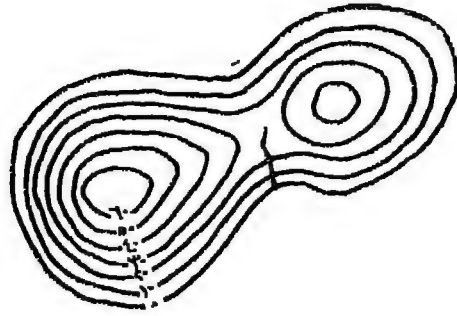
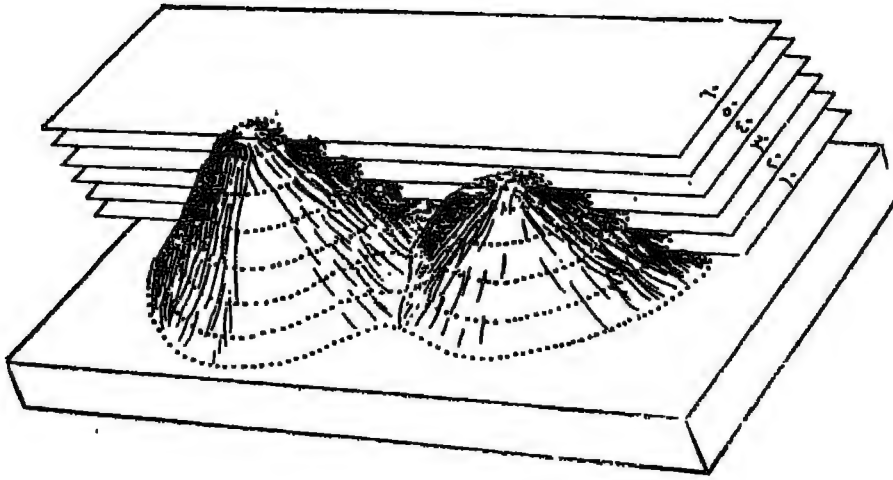
خطوط الكنتور هي أكثر الطرق الكارتوجرافية شيوعاً في خرائط التضاريس . وقد ظهرت هذه الطريقة إلى الوجود لأول مرة على يد المهندس الهولندى « كروكيوس Cruqius » حوالى سنة ١٧٣٠ . وقد استخدم « كروكيوس » خطوط الكنتور لتوضيح أعماق نهر مرويد Merwede River لتسهيل حركة الملاحة به . وفي سنة ١٧٣٧ استخدم « بواش Buache » هذه الطريقة في تحديد أعماق القنال الإنجليزي .

ومن هنا نرى أن أول استخدام للخطوط الكنتورية كان تطبيقاً على الخرائط البحرية ، وهكذا تأخر تطبيق فكرة خط الكنتور على خرائط اليابس زمنياً طويلاً . وكانت أول خريطة كنتورية هامة هي تلك الخريطة التي أنشأها « دوبي تريال Dupain - Trial » في سنة ١٧٩١ لفرنسا . وفي القرن التاسع عشر اتسع نطاق استخدام خطوط الكنتور في الخرائط العسكرية ، كما استخدم منها الهاشور لتخفيف الغموض الذي كان يكتنف تلك الخرائط . وباختراع الطباعة الليثوغرافية في سنة ١٧٩٨ بدأت المحاولات لإضافة الألوان إلى خطوط الكنتور . وقد أدى نجاح هذه المحاولات إلى تحديد اللون البني لخطوط الكنتور على اليابس ، واللون الأزرق لهذه الخطوط على سطح البحر ، واللون الأسود للرموز والاصطلاحات .

ويعرف خط الكنتور بأنه خط وهمي يمتد على سطح الأرض على ارتفاع واحد بالنسبة لمستوى سطح البحر ، أى أن خط الكنتور يربط بين المناطق المتساوية الارتفاع . وعلى هذا فخط الكنتور هو الخط الناتج عن تقاطع سطح الأرض بسطح أفقى ، فنسوب أية نقطة على خط كنتور هو نفس منسوب السطح الأفقى القاطع . ولو أن خطوط الكنتور الممثلة بتقاطع سطح الأرض بجملة سطوح أفقية متساوية البعد عن بعضها رسمت على سطح الأرض ومسحت فإن الخريطة الناتجة عن رسم نتائج هذه المساحة تبين خطوط الكنتور في مواضعها النسبية الصحيحة .

ولسهولة فهم فكرة خط الكنتور نلاحظ الشكل ( ٩٥ ) الذى يوضح تلامس الصلصال على لوح مسطح من الخشب . فإذا قمنا بقطع سطح هذا التل بسطوح أفقية متساوية البعد عن بعضها فإن كل سطح مقطوع يمثل ارتفاعاً واحداً . فمثلاً إذا أزلنا كل الأجزاء الموجودة فوق السطح الأفقى الذى يشير إلى ارتفاع ٦٠ متراً ونظرنا إلى هذا الشكل من أعلى فإن الحدود الخارجية للشكل الصلصالى تبين لنا كل المناطق التى ترتفع عن سطح البحر بستين متراً تبعاً لمقياس الرسم المستخدم .

فإذا أزلنا بعد ذلك كل الأجزاء الموجودة فوق السطح الأفقى الذى يشير إلى منسوب ٥٠ متراً ونظرنا إلى الشكل من أعلى فإن الحدود الخارجية للشكل الصلصالى تبين لنا على الفور كل المناطق التى يبلغ منسوبها فوق سطح البحر خمسين متراً وفقاً لمقياس الرسم المستخدم . وهكذا نستمر في إزالة كل المناطق المحصورة بين تلك السطوح الأفقية المتساوية



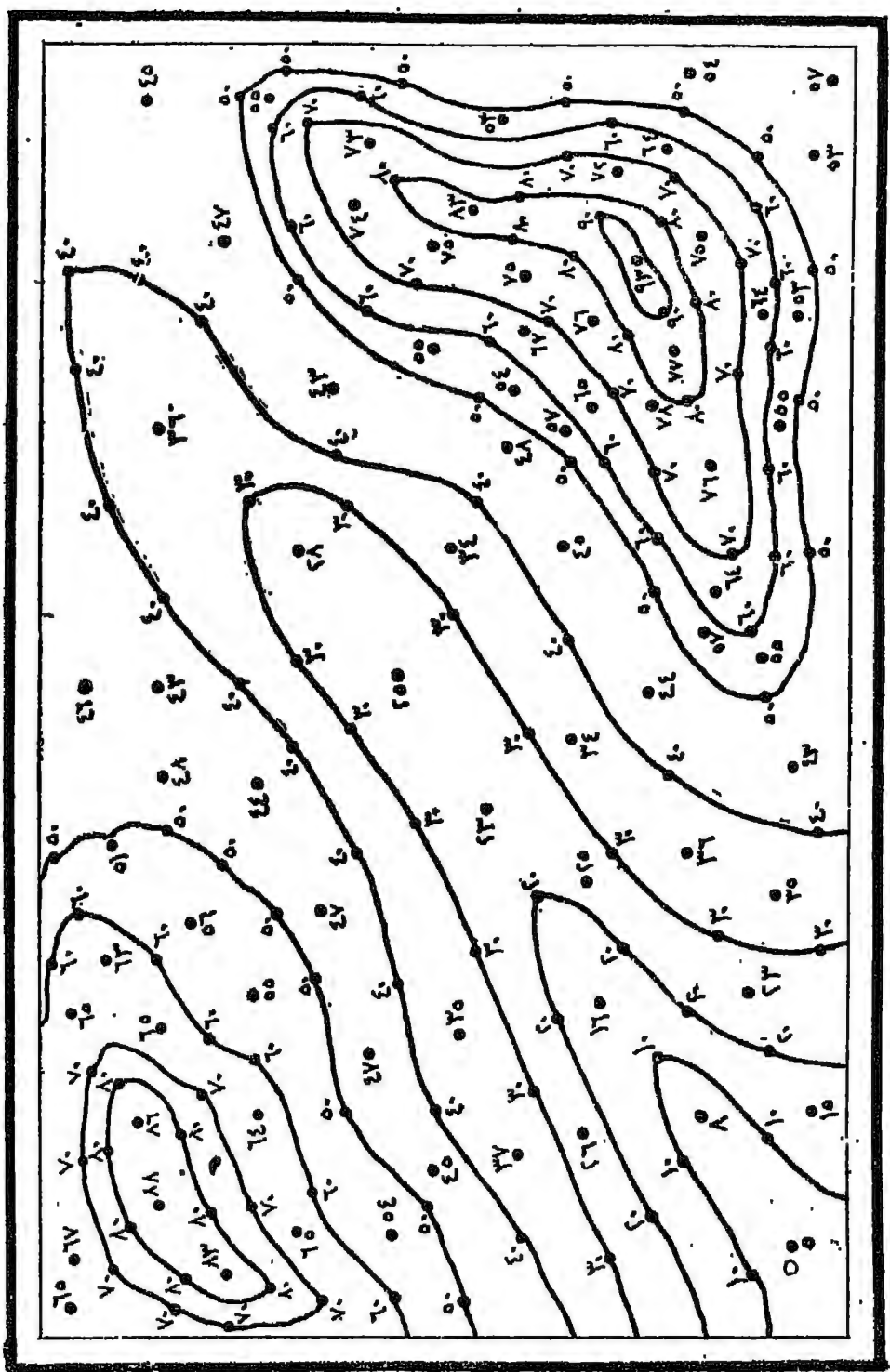
( شكل ٩٥ )

البعد حتى نصل إلى قاعدة الشكل الصلصالي والتي تمثل في هذه الحالة مستوى سطح البحر .  
وعند رسم الحدود الخارجية للشكل السابق عند كل تقاطع بين السطح الأفقي نحصل  
على الخريطة الكنتورية لهذا التل كما يوضحها الشكل المذكور .

#### رسم خطوط الكنتور :

تعتبر نقط المناسيب الرحلة الأولى لإنشاء أية خطوط كنتورية . فبعد وضع نقط  
المناسيب نقوم باستعراض هذه المناسيب لتعرف على أديانها وأعلاها منسوباً حتى يتفق عدد  
خطوط الكنتور والذي التضاريسي الذي تمثله الخريطة . ففي الشكل ( ٩٦ ) نجد أن أعلى  
منسوب في الخريطة يبلغ ٩٣ متراً بينما يبلغ أدنى منسوب بها ٥ أمتار . والمهم أن يكون  
التناسب بين عدد كل من نقط المناسيب وخطوط الكنتور تناسباً طردياً ، ومعنى هذا ألا  
يزيد عدد خطوط الكنتور إلا إذا زادت كثافة نقط المناسيب بالخريطة حتى لا نضطر  
إلى رسم خطوط كنتورية على أساس تقريبي .

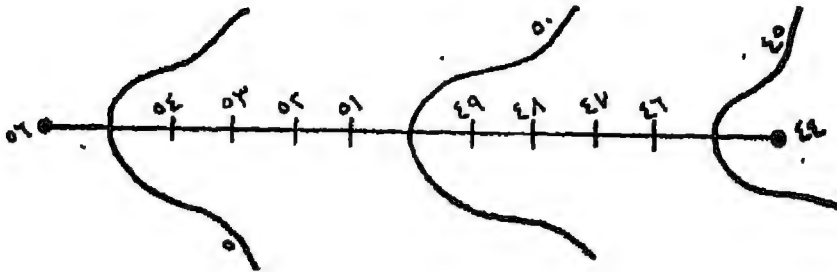
( شکل ۱۶ )



ولا يشترط أن نجد دائماً نقط مناسب تتفق في منسوبها وخط الكنتور المراد إنشاؤه، فنقط المناسيب تتحدد كثافتها على أساس إمكانيات الساح التي تولى تحديد هذه النقط، بينما يقوم رسم خطوط الكنتور على ضوء الحاجة إلى الخريطة . فعدد نقط المناسيب يتم أساساً في الطبيعة بينما يجري رسم خطوط الكنتور في المكتب حيث يمكن التحايل على حل المشكلات التي واجهت الساح في الطبيعة .

فإذا أردنا أن نرسم خط كنتور لا يتفق منسوبه مع أى نقطة منسوب على الخريطة فإننا نجرى الآتي :

في الشكل ( ٩٧ ) نجد أن المنطقة المحصورة بين نقطتي ( ٤٤ ) ، ( ٥٦ ) متراً لا تتضمن أى نقط مناسب أخرى يمكن أن تساعدنا على رسم خطوط الكنتور ( ٤٥ ) ، ( ٥٠ ) ، ( ٥٥ ) متراً مثلاً في هذه الحالة نصل بين نقطتي ( ٤٤ ) ، ( ٥٦ ) بخط مستقيم ونقسم هذا الخط إلى وحدات طولية متساوية تناسب عددياً مع عدد النقط التي تقطع بين النقطتين السابقتين .



( شكل ٩٧ )

فمثلاً الفاصل بين ( ٥٦ ) ، ( ٤٤ ) هو ١٢ متراً ، فنقوم بتقسيم هذا الخط المستقيم إلى ١٢ جزءاً متساوياً يعبّر كل جزء منها عن نقطة منسوب معينة . فإذا كان طول هذا الخط المستقيم ٩٠٦ سم . مثلاً فإن طول كل وحدة جزئية به يجب أن يبلغ ٨ ملليمترات ، فتقع نقطة المنسوب ٤٥ ، متراً على مسافة وحدة جزئية من نقطة ٤٤ متراً ، وتقع نقطة ٥٠ متراً على مسافة ٦ وحدات جزئية . أما نقطة المنسوب ٥٥ متراً فتقع على بعد وحدة جزئية من نقطة ٥٦ متراً .

وبعد إيجاد نقط المناسيب التي ستمر بها خطوط الكنتور نقوم بتوصيل هذه النقط بعضها ببعض بخطوط تجمع بين النقط الموحدة الارتفاع فيمر الخط تبعاً لذلك بكل المناطق المتساوية الارتفاع .

### الفواصل الكنتورية : Contour - Intervals

بفرض أن الخطوط الكنتورية مرسومة بالضبط فإنها تغطي فكرة صحيحة من طبيعة الأرض على طول كل خط منها ، ولكنها لا تغطي أية معلومات عن طبيعة تكوين سطح الأرض فيما بينها ، إذ ربما وجدت تمازج شديدة في سطح الأرض بين خطي كنتور متتاليين . ولكن نظراً لعدم تقابل هذه التمازج بأحد السطوح الأفقية التي افترضنا أنها تقطع سطح الأرض فإنها لا تظهر في الرسم . وبما أن عدد السطوح الأفقية القاطعة غير محدد فيمكن توضيح طبيعة سطح الأرض لأية درجة مطلوبة من الدقة بزيادة عدد خطوط الكنتور . وتعرف هذه المسافة باسم « الفاصل الكنتوري » .

وبما أن تحديد هذا الفاصل أمر اختياري فيمكن تجديده بدقة براعاة الاعتبارات الآتية :

١ - معرفة أعلى منسوب وأدنى منسوب في المنطقة حتى يمكن معرفة المدى بين القطعتين ، ومن ثم عدد خطوط الكنتور التي ستوقع على الخريطة .

٢ - الفرض الذي تستخدم من أجله الخريطة ومدى الدقة المرغوب الوصول إليها ، فإن الفاصل الكنتوري يتناسب تناسباً عكسياً مع زيادة الدقة المطلوب الوصول إليها في الخريطة .

٣ - درجة عدم انتظام سطح الأرض ، فإن كان سطح الأرض معقد التضاريس فانه يجب إنشاء خطوط كنتور مقاربة ، أي أن يكون الفاصل الرأسي صغيراً ، والعكس إذا كان انحدار سطح الأرض انحداراً طفيفاً .

٤ - مقياس رسم الخريطة ، فإن الفاصل الرأسي بين خطوط الكنتور يتناسب تناسباً عكسياً مع مقياس رسم الخريطة .

وقد جرت العادة في الخرائط العالمية على أن يتم تحديد الفاصل الرأسي بين خطوط الكنتور في الخرائط التي تمثل مناطق لاهي سهلية التضاريس ولا هي جبلية ، على أساس أن يساوي هذا الفاصل مقام الكسر البياني للخريطة ( ٢٥ ) مرة بالأقدام ، ويزيد هذا الفاصل في المناطق المقعدة التضاريس ويقل في المناطق السهلية .

فإذا كان مقياس رسم الخريطة بوصة للسيل مثلاً فإن الفاصل الرأسى يساوى هذا الميل (٢٥) مرة ولكن بالأقدام أى ٢٥ قدماً . وإذا كان هذا المقياس بوصة لكل ميلين فإن الفاصل الرأسى يساوى هذا المقام ٢٥ مرة بالأقدام أى ٥٠ قدماً .

ولكن يجب أن نراعى توحيد الفاصل الرأسى فى كل أجزاء الخريطة ، فلا يكون هذا الفاصل خمسة أمتار فى جزء من أجزاء الخريطة ويزيد إلى عشرة أمتار فى جزء آخر منها ، لأن عدم الانتظام يسبب تخلخلا فى كثافة خطوط الكنتور ومن ثم يضعف الإحساس بمدى تمعد التضاريس أو انبساطها، ذلك أن ضيق المسافة بين خطوط الكنتور وتقارب هذه الخطوط من بعضها فى المناطق المرتفعة كفيل فى حد ذاته بتوضيح شدة انحدار سطح الأرض فى هذه الجهات .

وفى الخرائط الصغيرة المقياس قد يؤدى توحيد الفاصل الرأسى إلى عدم ظهور كثير من التفاصيل الهامة فى المناطق المنخفضة ، وذلك لأن صغر مقياس رسم الخريطة سيجعلنا نلجأ إلى استخدام فاصل رأسى كبير حتى تتلافى التحام خطوط الكنتور فى المناسيب المرتفعة . ولهذا فإنه من الجائز فى مثل هذه الخرائط أن نستخدم فاصلاً كنتورياً متنوعاً Variable Contour - interval ، أى أن هذا الفاصل يتناسب طردياً مع ارتفاع سطح الأرض .

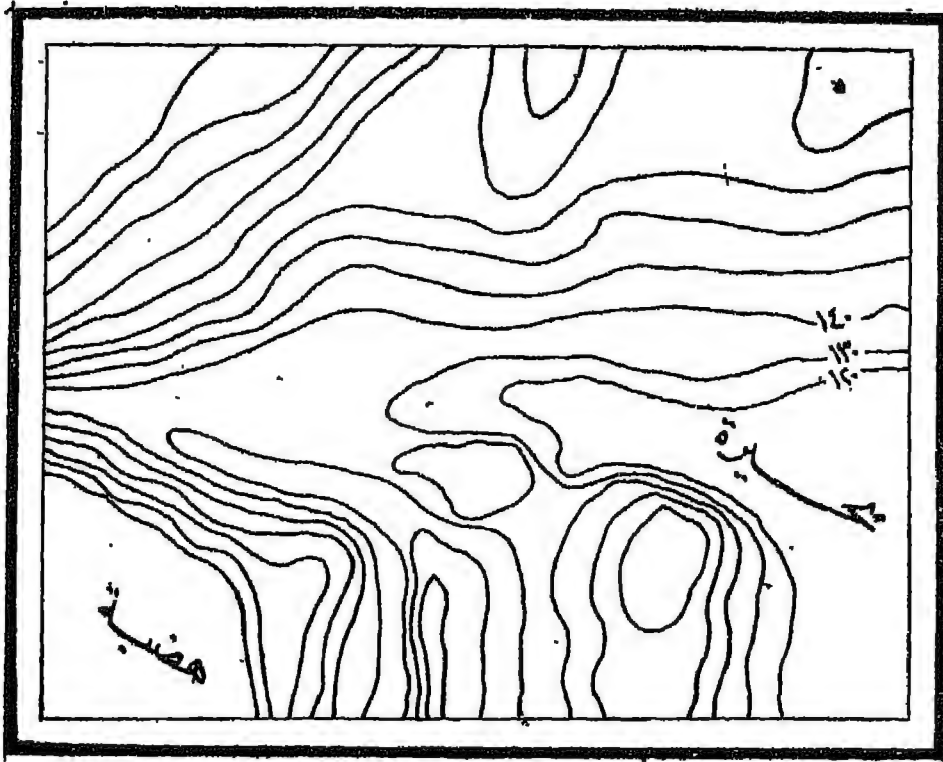
فى خريطة العالم المليونية ( أنظر صفحة ٤٩ ) نجد أن الفواصل الكنتورية التى حددتها إتفاقية الخريطة هى كالتالى : ١٠٠ - ٢٠٠ - ٣٠٠ - ٤٠٠ - ٥٠٠ - ٧٠٠ - ١٠٠٠ - ١٥٠٠ - ٢٠٠٠ - ٢٥٠٠ - ٣٠٠٠ - ٣٥٠٠ - ٤٠٠٠ متر . وفى خرائط الأطالس الصغيرة المقياس عادة - نجد أن هذه الفواصل تحدد على النحو التالى : ٥٠٠ - ١٠٠٠ - ٢٠٠٠ - ٣٠٠٠ - ٥٠٠٠ - ٧٠٠٠ - ١٠٠٠٠ - ١٥٠٠٠ قدم .

### خواص خطوط الكنتور :

عند رسم أية خريطة كنتورية يجب أن نلاحظ أن خطوط الكنتور تتميز بعبء خواص .

١ - تراجع خطوط الكنتور نحو منابع الجارى المائية التى قد تمترق المنطقة . فإذا

قارنا بين الشكل (٩٨) والشكل (٩٩) وما يوضحان خريطة كنتورية لنفس المنطقة ، ولكن الإختلاف في نظام خطوط الكنتور في كل منها يرجع إلى إضافة المجارى المائية في الشكل الأخير ، الذى تتميز الخطوط الكنتورية فيه بتراجعها نحو منابع المجارى المائية . ومن هنا أيضاً يمكن رسم المجارى المائية في الخرائط الكنتورية وذلك بتتبع تراجع خطوط الكنتور كما في الشكل (١٠٠) .



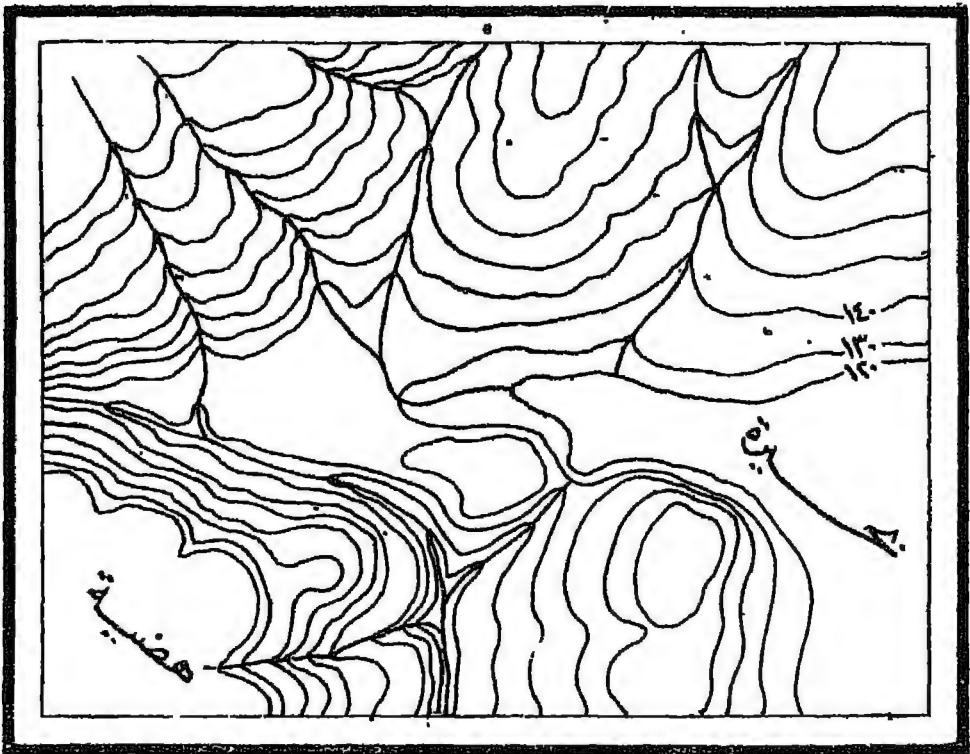
( شكل ٩٨ )

٢ - ارتفاع أو انخفاض أية نقطة على خط الكنتور عن أية نقطة على الكنتور المجاور له مباشرة - تحته أو فوقه - هو المسافة الرأسية الثابتة بين خطى الكنتور . ويتضح من ذلك أن الميل الشديد في سطح الأرض يظهر عندما تكون هذه المسافة صغيرة ، ويكون اتجاه هذا الميل عند أية نقطة في اتجاه عمودى على خط الكنتور المار بهذه النقطة .

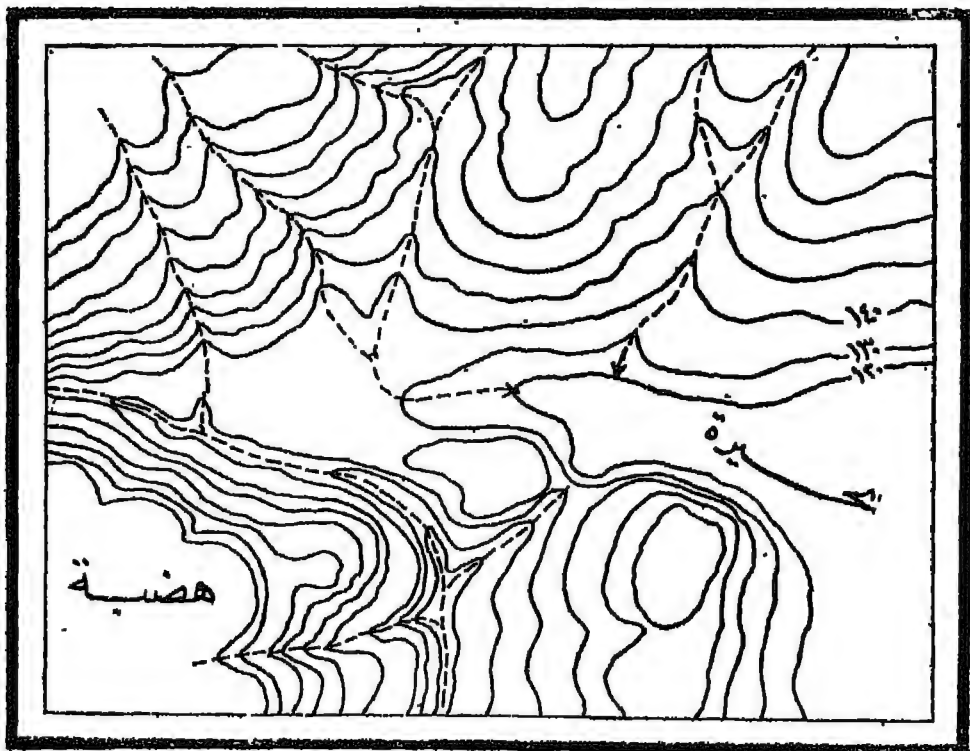
٣ - يدل تقارب خطوط الكنتور على تضاريس شديدة الانحدار ، ويدل تباعدها عن بعضها على انحدار أقل شدة ، كما تبين المسافة المنتظمة بين خطوط الكنتور ميلاً منتظماً .

٤ - تساعدنا خطوط الكنتور - إذاً - على تحسديد أنواع الانحدارات في سطح





(شکل ٩٩)



(شکل ١٠٠)

الأرض تبعاً لشكل هذا الانحدار وشدته . ويستدل على نوع الانحدار في الخريطة  
الكتنورية من دراسة العلاقة بين الفاصل الرأسى والمسافة الأفقية .

ويمكن تقسيم الانحدارات إلى الأنواع التالية :

( أولاً ) تقسيم حسب درجة الانحدار :

١ - انحدار خفيف Gentle slope : وتبتمد فيه خطوط الكتنور عن بعضها ، أى أن  
المسافة الأفقية بين خطوط الكتنور تكون كبيرة بالقياس إلى الفاصل الرأسى .

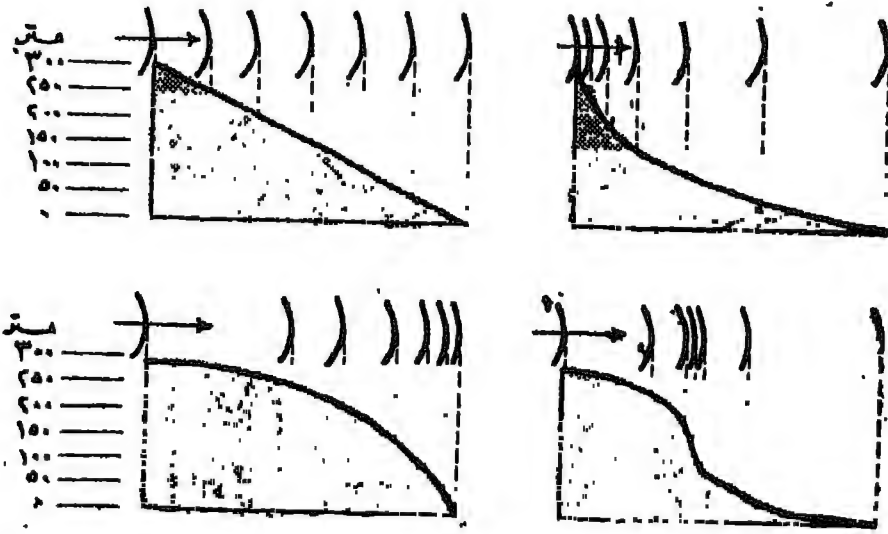
ب - انحدار شديد Steep slope : وتقرب فيه خطوط الكتنور من بعضها ، أى أن  
المسافة الأفقية بين خطوط الكتنور تكون صغيرة بالقياس إلى الفاصل الرأسى .

ج - انحدار معتدل Moderate slope : وهو مرحلة وسطى بين النوعين السابقين ، إذ  
تتسم العلاقة بين المسافة الأفقية والفاصل الرأسى بالاعتدال .

( ثانياً ) تقسيم حسب شكل الانحدار :

١ - انحدار منتظم uniform slope : وهو الانحدار الذى يسير على وتيرة واحدة سواء  
أكان شديداً أم خفيفاً .

ب - انحدار مقعر Concave slope : وهو الانحدار الذى يبدأ بانحدار شديد عند القمة  
ثم تخف حدة الانحدار فى أسفل التل ، ويمكن معرفة ذلك من تباعد خطوط الكتنور  
بالقرب من قاعدة التل وتقاربها عند القمة .



( شكل ١٠١ ) أنواع الانحدارات

فوق يسار : انحدار منتظم

فوق يمين : انحدار مقعر

تحت يسار : انحدار محدب

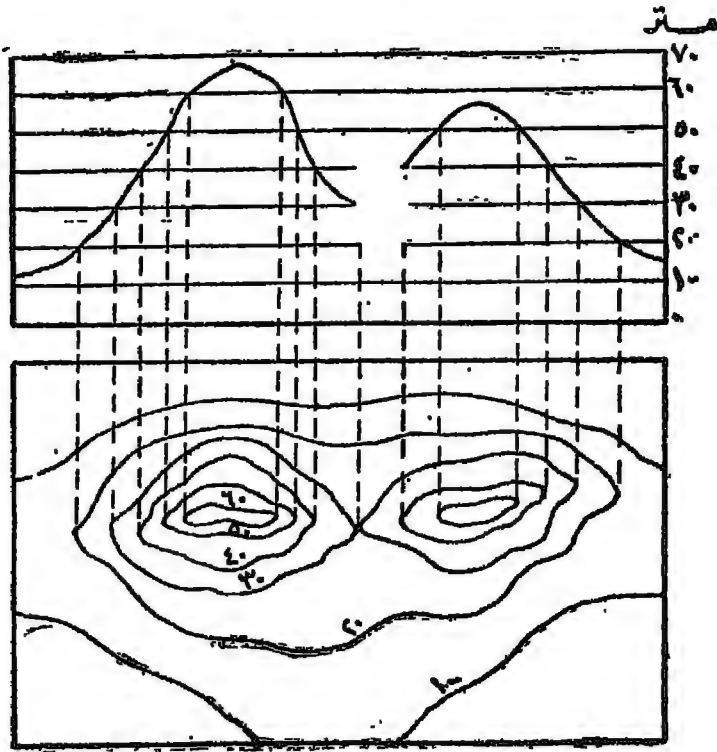
تحت يمين : انحدار غير منتظم

٥ - أنحدار محدب Convex slope: وهو ذلك الأنحدار الذي يبدأ بانحدار بطيء عند قمة التل وتزيد شدته عند السفح ، ويمكن معرفة ذلك من تقارب خطوط الكنتور المنخفضة وتباعد الكنتورات المرتفعة .

٥ - يمكن أن تنطبق خطوط الكنتور المختلفة المنسوب بعضها على البعض الآخر ويتكون منها خط كنتور واحد وذلك في حالة الجرف cliff فقط .

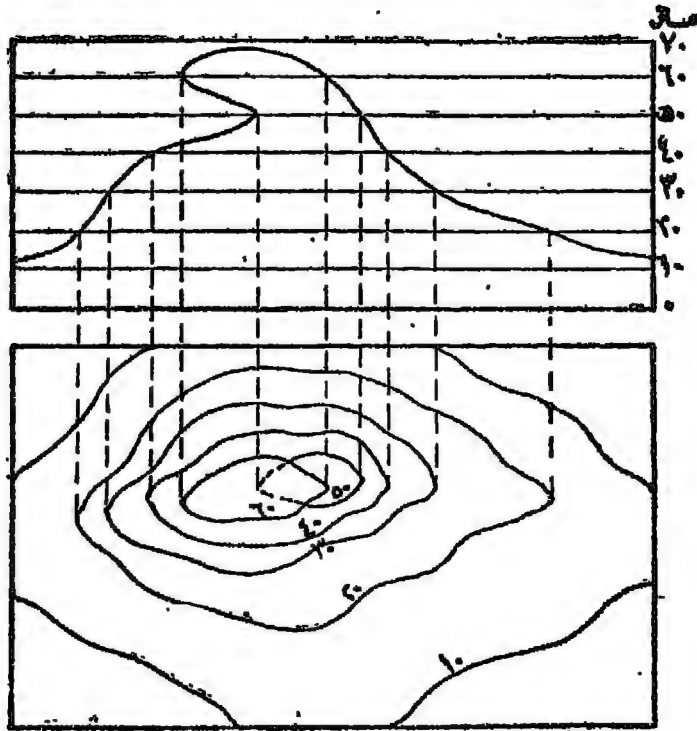
٦ - المفروض ألا ينتهي أى خط كنتور في أية نقطة ، ولكن لابد وأن يقفل على نفسه إلا في حالة خطوط الكنتور القريبة من أطراف اللوحة .

٧ - لا يمكن أن يتلاقى خطا كنتور منسوبهما واحد إلا في حالات نادرة كما في الشكل (١٠٢) ولا يمكن أن يتفرع خط كنتور إلى فرعين .



( شكل ١٠٢ )

٨ - لا تتقاطع خطوط الكنتور إطلاقاً إلا في حالات خاصة ، ويكون هذا فقط في حالة وجود منارة كما في الشكل (١٠٣) وتمين نقطة التقاطع في الرسم نقطتين أو أكثر مختلفة المنسوب في الطبيعة .



( شكل ١٠٣ )

## أنواع خطوط الكنتور

ليس الهدف من رسم خطوط الكنتور في خرائط التضاريس هو إبراز الملامح التضاريسية الرئيسية في المنطقة فحسب ، ولكنها تساعدنا كذلك على اكتشاف طبيعة العلاقات التي تربط بين الظواهر الطبيعية والبشرية المختلفة في المنطقة التي تغطيها الخريطة . ومن ثم فإن الأنواع التالية من خطوط الكنتور تهدف إلى إبراز مظاهر طبيعية مميّزة دون بقية الملامح التضاريسية في المنطقة تمهيداً لإخضاع تلك الظواهر للتحليل والدراسة .

### ١ — خطوط الكنتور المتميزة : Significant contours

تعتبر خطوط الكنتور عن تضاريس سطح الأرض ، ومن ثم فإنها ترسم جميعاً باسمك واحد وبفواصل رأسى موحد . ولكن تستدعى بعض أغراض الدراسة إبراز بعض هذه

الخطوط أو إحداها . فعند دراسة منطقة ما قد نجد أن هناك ارتباطاً بين ظاهرة معينة في المنطقة وخط كنتور بالخريطة التي تمثل هذه المنطقة ، كأن نجد علاقة بين امتداد الأراضي الزراعية وخط كنتور معين ، أو بين نوع معين من المحاصيل الزراعية وهذا الخط . وفي هذه الحالة تقوم برسم هذا الخط بطريقة تبرز أهميته في دراسة هذه المظاهر .

ومن هذه الخطوط الكنتورية « التمزقة » المرتبطة بظواهر طبيعية وبشرية هامة خط كنتور ١٠٢ متر في مصر ، وخط ٢٠٠ قدم في حوض لندن ، وخط ٧٠ متراً في شمال شرق بلجيكا ، وخط ٨٠٠ قدم في اسكتلنده . وكل هذه الخطوط تمكس ظواهر طبيعية وبشرية هامة .

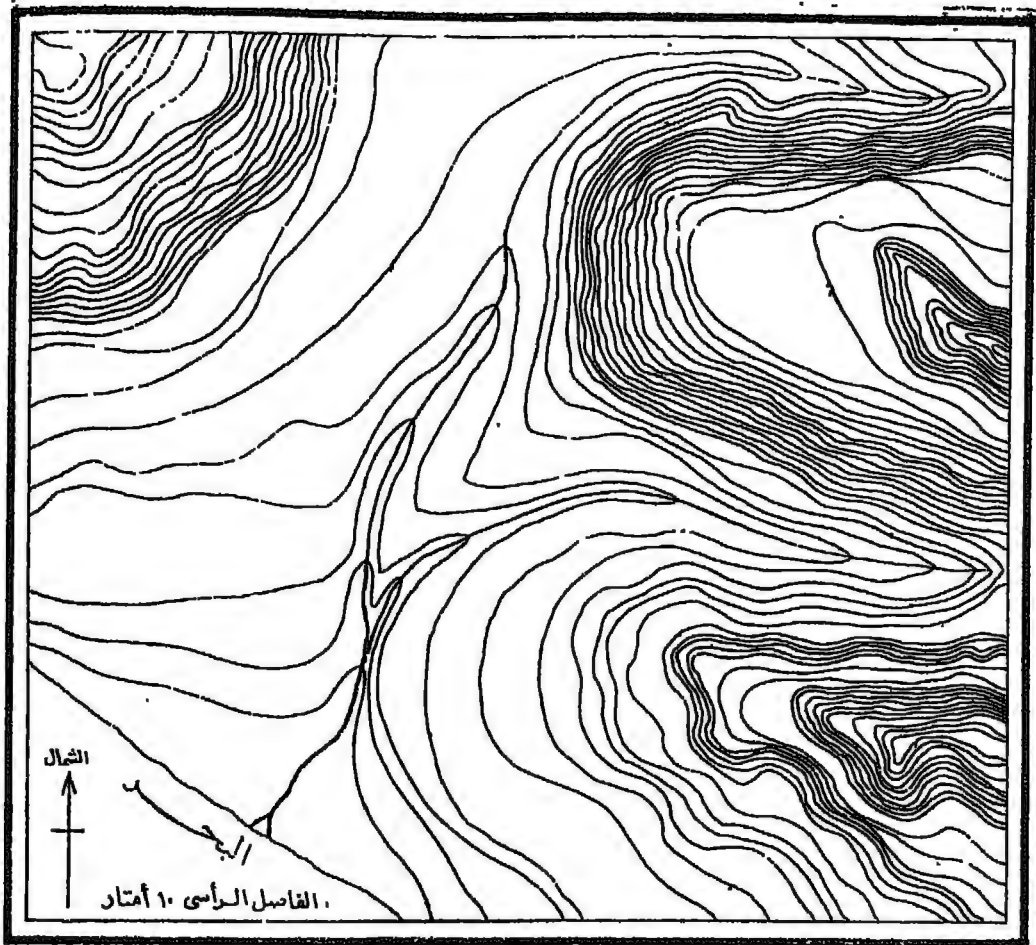
## ٢ - خطوط الكنتور الرئيسية : Index Contours

تشبه الخطوط الكنتورية الرئيسية الخط التميز الذي سبق شرحه من حيث طريقة رسمه ، فهي ترسم بسمك أكبر من السمك الذي ترسم به بقية الخطوط الكنتورية في الخريطة . ولكن الفارق الرئيس بينهما هو أن النوع السابق لا يزيد على خط واحد بارز في الخريطة كلها ويحدد ظاهرة طبيعية أو بشرية تهتم الخريطة بإبرازها خدمة لأغراض دراسية معينة . أما خطوط الكنتور الرئيسية فإنها ترسم بفواصل رأسى أكبر من الفاصل الكنتورى المادى للخريطة .

والهدف من استخدام هذه الطريقة هو توضيح تضاريس الأرض بشكل بارز . فالشكل ( ١٠٤ ) يوضح خريطة كنتورية مرسومة بفواصل رأسى عشرة أمتار وقد استخدمت خطوط الكنتور العادية في تمثيل تضاريسها . أما الشكل ( ١٠٥ ) فهو يمثل الخريطة الكنتورية السابقة ولكن باستخدام طريقة الكنتورات الرئيسية . فالفواصل الرأسى بين خطوط الكنتور العادية عشرة أمتار بينما يبلغ الفاصل الرأسى بين الخطوط الرئيسية ٥٠ متراً . ولا شك أن الخريطة الثانية أكثر توضيحاً للتضاريس من الخريطة الأولى .

## ٣ - خطوط الكنتور المتوسطة : Intermediate Contours

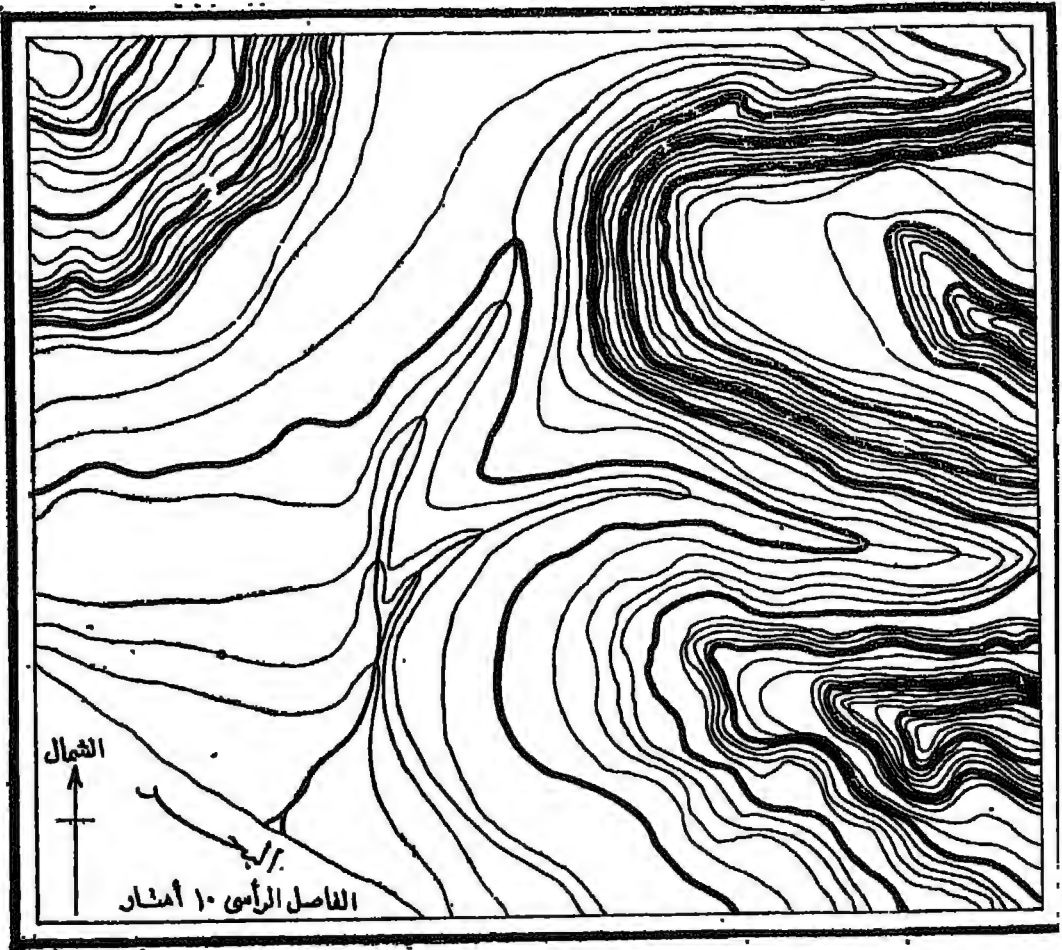
خطوط الكنتور المتوسطة هي نفسها خطوط الكنتور العادية التي سبق شرحها . فالفواصل الرأسى بينها هو نفسه الفاصل الرأسى المحدد Prescribed contour interval للخريطة . فإذا أبرزنا خطأ واحداً من هذه الخطوط الكنتورية كان هذا الخط هو خط الكنتور



شكل (١٠٤)

التميز Significant ، وإذا قُنا بإبراز مجموعة من هذه الخطوط بفواصل رأسى مخالف للفواصل الرأسى المحدد للخريطة كانت هذه الخطوط هي خطوط الكنتور الرئيسية Index ، وإذا لم تقم بتوضيح أى خطوط كنتورية بالخريطة وتركها كما هي كانت الخطوط الكنتورية في هذه الحالة هي المقصودة بالخطوط الكنتورية المتوسطة Intermediate .

وإذا كان الشكل (١٠٥) يوضح نموذجاً لخطوط الكنتورية الرئيسية فإن الشكل (١٠٤) وهو الذى يمثل خريطة كنتورية عادية يعطينا نموذجاً لخطوط الكنتور المتوسطة . ويمكن حذف بعض هذه الخطوط تحت ظروف معينة وإضافة بعضها تحت ظروف أخرى . فيمكن بوجه عام أن نحذف بعض هذه الخطوط إذا كان انحدار سطح الأرض



شكل ( ١٠٥ )

شديداً ولكنه منتظم في درجة شدته، فيؤدى حذف بعض الخطوط إلى تخفيف تراجيحها الشديد الذى يؤدى إلى طمس بعض معالم الخريطة . أما إذا كان الانحدار شديداً ولكنه غير منتظم في درجة شدته فإن حذف بعض هذه الخطوط قد يؤدى إلى تشويه الصورة التضاريسية للمنطقة .

ومن الأمور التى قد تضلل قارئ الخريطة أن تحذف بعض هذه الخطوط رغم أنها قد تعبر عن ظاهرة تضاريسية متميزة أو قد تعكس مواضع تغير انحدار سطح الأرض أو عندما تكون نقط المناسيب قليلة المدد .

ويمكن بوجه عام أن نستغنى عن بعض هذه الخطوط المتوسطة إذ تراجعت الخطوط الكنتورية الرئيسية، لأن حذف بعضها في هذه الحالة لن يؤدي إلى إهمال أية تفاصيل تضاريسية، بل ستولى خطوط الكنتور الرئيسية الكثيفة مهمة توضيح هذه التفاصيل بشكل بارز.

#### ٤ - خطوط الكنتور الإضافية : Supplementary Contours

تضاف خطوط الكنتور الإضافية إلى بعض أجزاء الخريطة الكنتورية لتوضيح ظاهرة توبوغرافية أهملت الخطوط الكنتورية العادية توضيحها بحكم كبر الفاصل الكنتوري للخريطة.

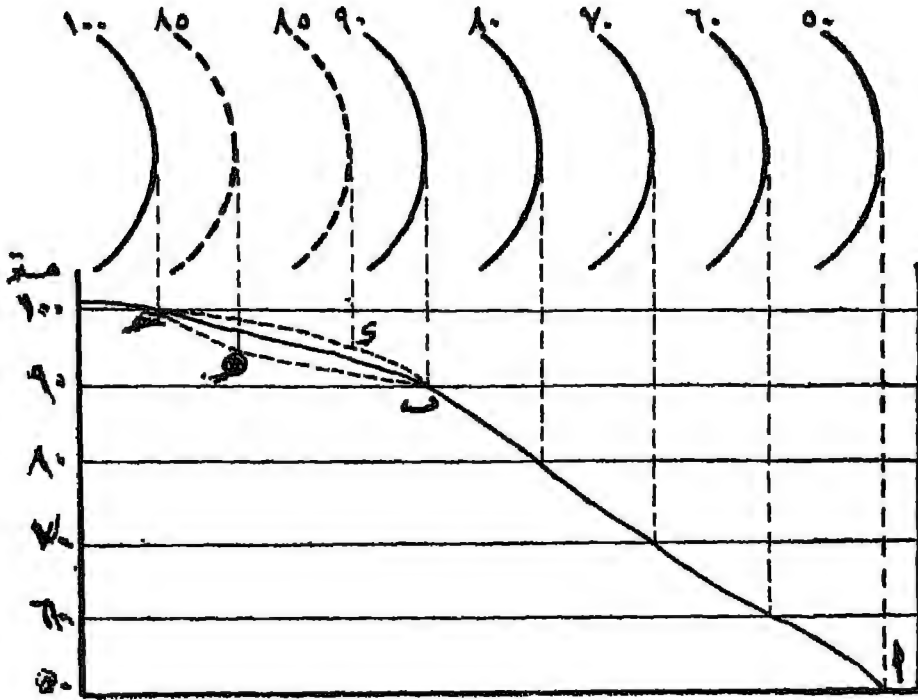
ويبلغ الفاصل الرأسى للخطوط الإضافية نصف الفاصل الرأسى المادى للخريطة. فإذا كان الفاصل الرأسى للخطوط يبلغ عشرة أمتار فإن الخطوط الإضافية ترسم بفواصل رأسى قدره خمسة أمتار فقط.

ويوضح الشكل (١٠٦) انحدار سطح الأرض من منسوب ١٠٠ متر إلى منسوب ٥٠ متراً بفواصل رأسى قدره عشرة أمتار. فإذا رسمنا قطاعاً تضاريسياً (سيأتى شرح طريقة رسم القطاعات التضاريسية فيما بعد) لهذه المنطقة فسيوضح هذا القطاع طبيعة انحدار سطح الأرض بين المنسوبين على خط القطاع (أ ب ح).

ولكن المسافة الأفقية بين خطى (٩٠)، (١٠٠) متر مسافة كبيرة، فإذا كانت هذه المسافة لا توضح طبيعة انحدار سطح الأرض بين هذين الخطين الكنتوريين فإن رسم خط فرعى يمثل منسوب ٨٥ متراً قد يبرز هذا التغير بصفة محددة.

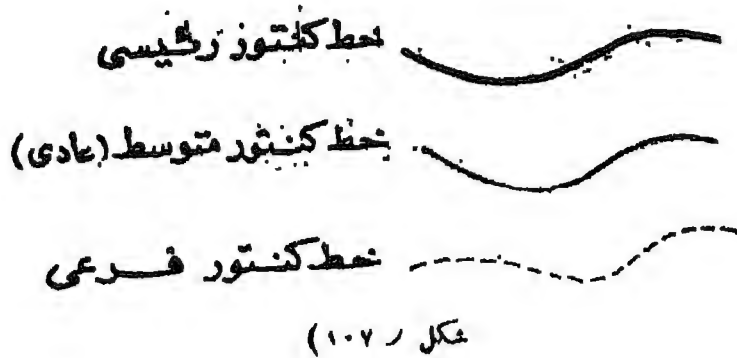
وواضح من الشكل أن تغير موضع الخط الفرعى (وهو الخط المجرى) قد غير من طبيعة القطاع التضاريسى للمنطقة وحدد الموضع الفعلى الذى تغير عنده انحدار سطح الأرض بين هذين المنسوبين. ف عندما اقرب الخط الفرعى (٨٥) متراً من خط (٩٠) متراً أخذ القطاع (أ ب د ح) شكل انحدار محدب فيما بين تقطعتى (ب)، (ح) ولكن عندما يقترب الخط الفرعى (٨٥ متراً) من خط الكنتور ١٠٠ متر يتخذ القطاع (أ ب د ح) شكل انحدار مقعر فيما بين تقطعتى (ب)، (ح).





شكل (١٠٦)

ونظراً لأن خط الكنتور الفرعى لا يشكل جزءاً أساسياً من الخريطة الكنتورية ، بل إنه يضاف إليها في بعض أجزائها تحقيقاً لأغراض دراسية معينة ، فإنه لا يرسم بنفس سمك خطوط الكنتور المادية ، ولكن بسمك أرفع من خط الكنتور المادى ، كما أنه لا يرسم بشكل مستمر بل بصورة متقطعة كما هو واضح من الشكل (١٠٧) الذى يبين الفرق بين خطوط الكنتور الرئيسية والمتوسطة والفرعية .



شكل (١٠٧)

• — خطوط الكنتور المبسطة : Generalized Contours

إن التمازيج والإثناءات الموجودة في سطح الأرض — والتي تمثلها خطوط الكنتور — هي نتيجة حتمية لتمرّض سطح الأرض لعمليات مختلفة من التعرية والنحت ولتأثير المجارى المائية العديدة التي كان لها الدور الأكبر في تعقيد شكل خطوط الكنتور . أى أنه لولا هذه المجارى المائية لكان سطح الأرض أكثر انتظاماً في انحداره ، ومن ثم لكانت الخطوط الكنتورية أكثر استقامة وأقل عدداً .

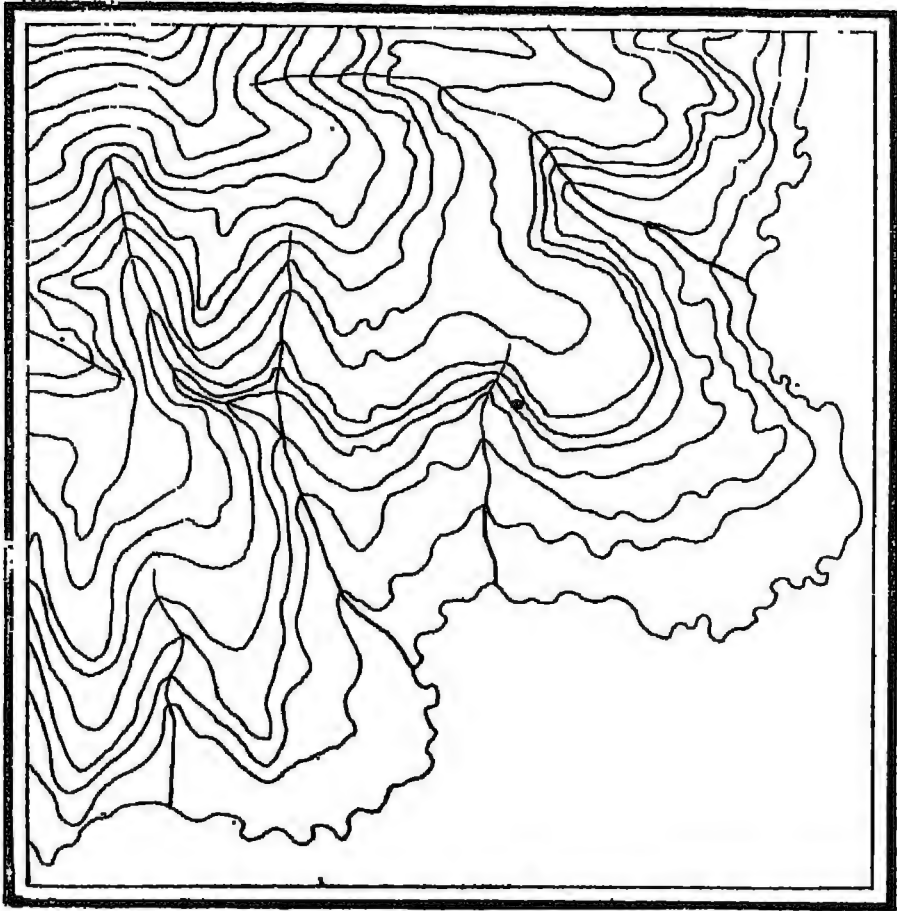
فالرجوع بالخريطة الكنتورية إلى عصور جيولوجية أقدم يتحقق ببسط الخطوط الكنتورية عن طريق التقليل من التمازيج والإثناءات الموجودة بهذه الخطوط ، أى بملء الفجوات التي أوجدتها عوامل التعرية المختلفة بسطح الأرض .

وسيلينا إلى ذلك هو خطوط الكنتور المبسطة التي رجع بسطح الأرض إلى حالته التي كان عليها قبل وجود هذه الفجوات .

وعملية ملء الفجوات هذه بمثابة ترميم لتصدعات أحدثتها عوامل التعرية — وخاصة المجارى المائية — بسطح القشرة الأرضية ويمكن إجراء هذه العملية على الخريطة الكنتورية بربط النقاط ذات الارتفاعات المتساوية لأراضي ما بين الأودية Interfluve بخطوط مستقيمة تخترق الأودية التي بينها . وهذه الخطوط هي الخطوط الكنتورية المبسطة .

ووسائل ربط النقاط ذات الارتفاعات المتساوية تتوقف على الغاية التي يريد الباحث أن يبرزها فإذا أراد أن يرجع بسطح الأرض في منطقة دراسته مرحلة إلى الوراء قريبة من حالتها الراهنة فعليه أن يملأ وديان الأنهار الصغيرة ( روافد الأنهار الرئيسية ) . أما إذا أراد أن يصور سطح الأرض في منطقة دراسته على حالته الأقدم فعليه أن يملأ وديان الأنهار الكبيرة وهكذا .

ولفهم هذه الطريقة بشكل أوضح فلنلاحظ الشكل ( ١٠٨ ) الذي تبين فيه الخطوط الكنتورية تضاريس سطح الأرض في المنطقة التي تمثلها الخريطة . والرجوع بسطح الأرض مرحلة جيولوجية إلى الوراء علينا أن نحذف الفجوات التي أحدثتها روافد الأنهار الرئيسية ونوصل بين النقاط ذات الارتفاعات المتساوية في المنطقة المحيطة بهذه الرافد . وتوضح لنا الخطوط المتقطعة في الشكل ذاته هذه الخطوط الكنتورية المبسطة .



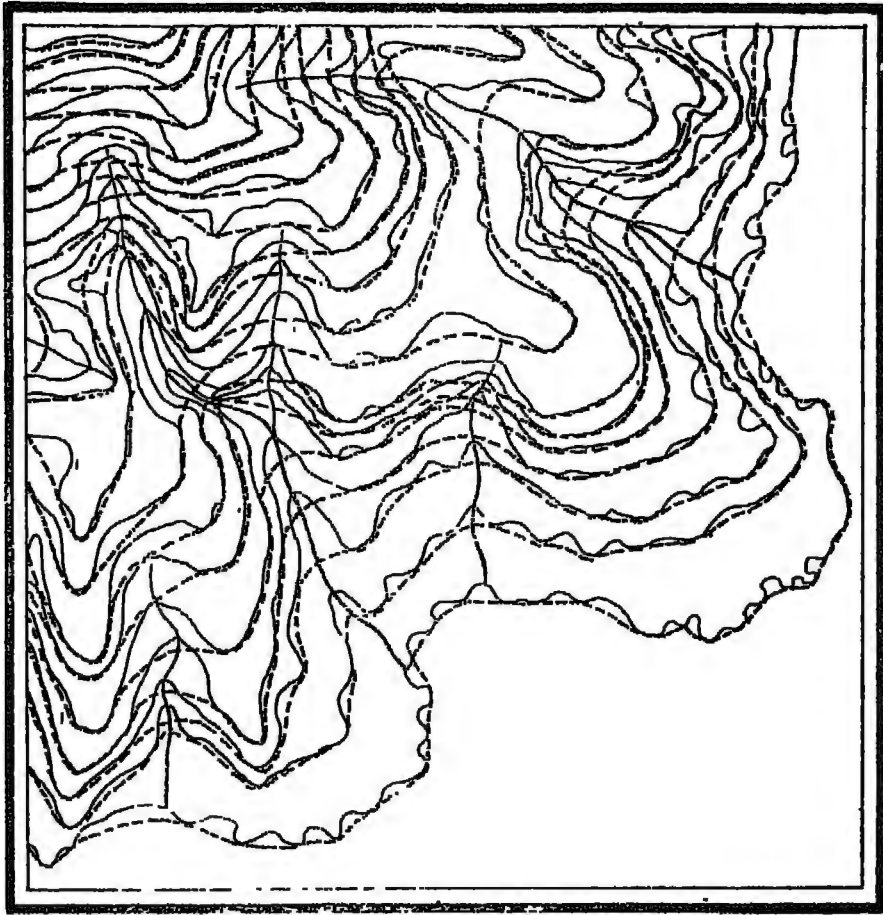
شكل ( ١٠٨ )

الخريطة الكنتورية الأصلية المطلوب تبسيطها

فإذا أردنا أن نرجع بسطح الأرض في هذه المنطقة مرحلة جيولوجية أخرى فيجب أن نقوم بملء الفجوات التي أوجدتها الأنهار الرئيسية . ولتسهيل هذه المهمة يجب أن نقوم بنقل الخطوط المجزأة في الشكل ( ١٠٩ ) في شكل مستقل ، ثم نقوم بملء الفجوات بالطريقة السابقة بخطوط متقطعة كما في الشكل ( ١١٠ ) فتكون النتيجة النهائية كما في الشكل ( ١١١ ) حيث نجد أن الخطوط الكنتورية قد أصبحت في أبسط شكل ممكن .

استخدام الألوان في الخرائط الكنتورية :

تضاف الألوان إلى الخرائط الكنتورية لإبراز تفاصيل المصيرين الأساسيين في التضاريس وهما عنصر الارتفاع والانحدار اللذان ينعكسان في مجموعة من المرتفات

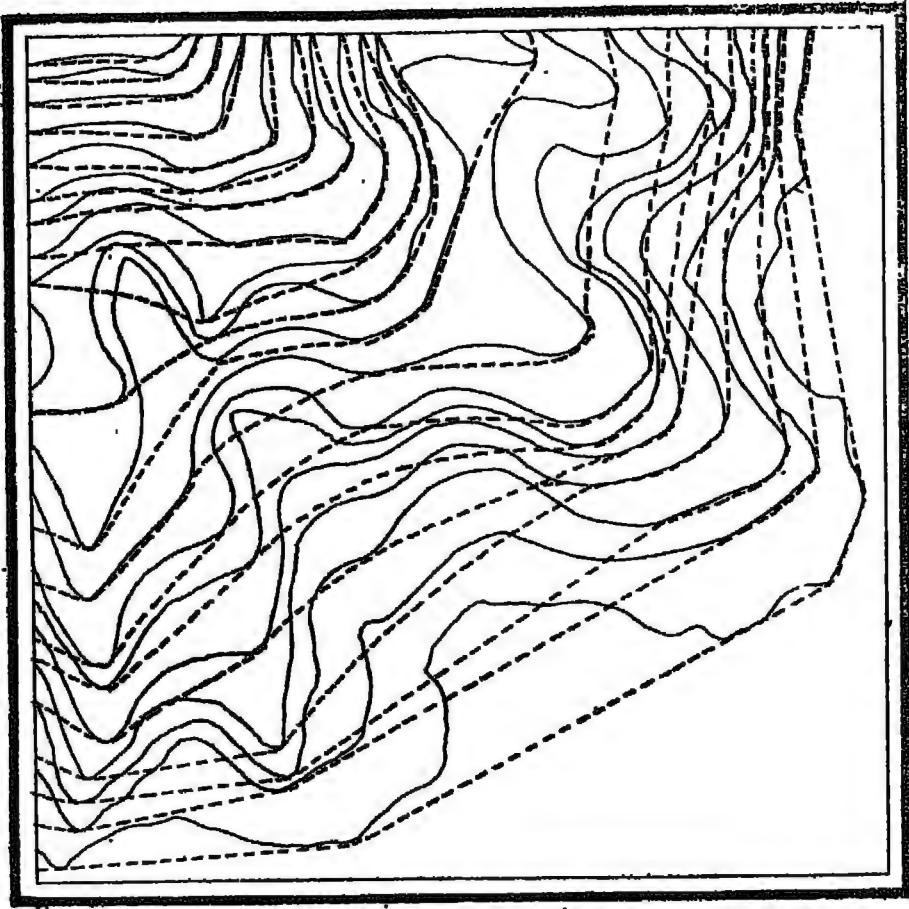


شكل ( ١٠٩ )

المرحلة الأولى في تبسيط الخريطة بملء البحار المائية الفرعية

والمخفضات . وقد ساعد تقدم الطباعة الليثوغرافية في العصر الحديث على استخدام هذه الطريقة في الخرائط الطبوغرافية وفي خرائط الأطالس . وشرح العمليات الفنية لطريقة الألوان خارج من نطاق كتابنا هذا ، إلا أنه يمكننا أن نقول بأن إبراز التفاصيل التضاريسية يتم باستخدام لون واحد بطريقة تدرج الألوان Layer - colouring عن طريق الطباعة بطريقة الظلال Half - tone .

ولا يمكن اختيار درجات الألوان عن طريق الفاصل الرأسي للخريطة ذاتها ، ولكننا نجتمع مجموعة من الخطوط الكيتورية ونعطيها لوناً واحداً . واختيار هذا الفاصل



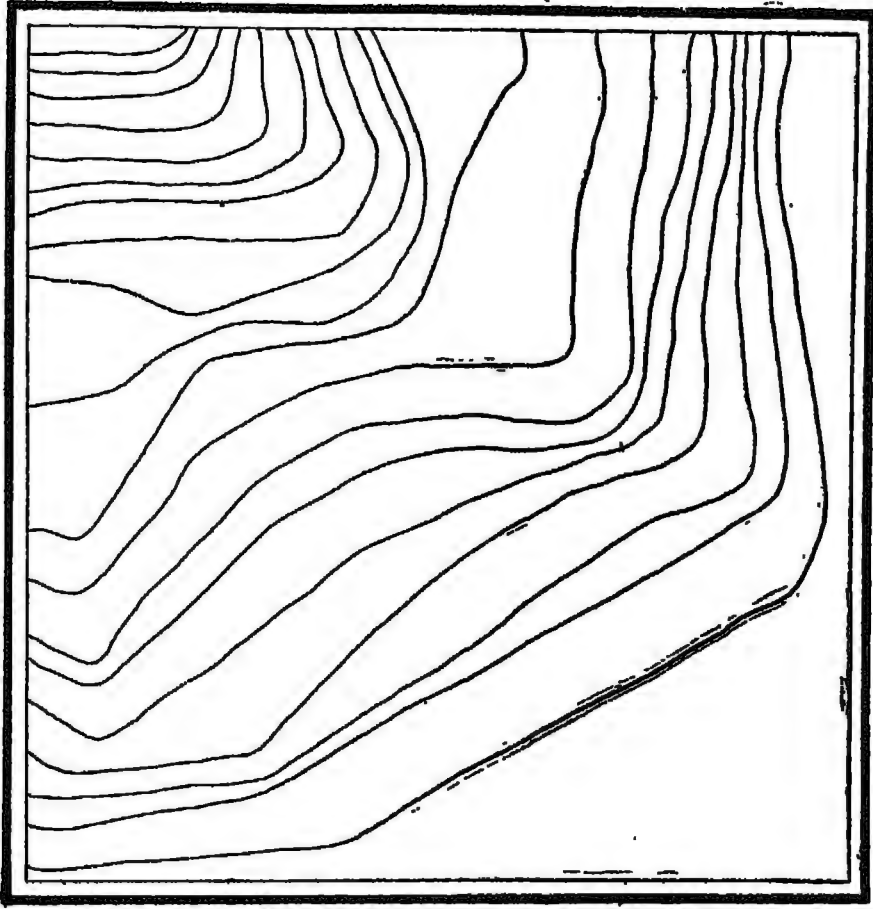
( شكل ١١٠ )

المرحلة الثانية في تبسيط الخريطة عن طريق ملء المجارى المائية الرئيسية

الكنتورى الجديد يتوقف على مدى تمقد تضاريس المنطقة وعلى مدى الدقة المطلوب الوصول إليها .

فإذا أن نستخدم لوناً واحداً يتدرج مع الارتفاع حتى نصل إلى لون داكن جداً فمثلاً إذا استخدمنا اللون البني — وهو المستخدم في تمثيل الارتفاعات — فإن هذا اللون يتدرج مع ارتفاع التضاريس حتى نصل إلى البني الداكن الذى يوضح أعلى ارتفاع في المنطقة . ولكن ربما تسبب هذا في طمس بعد التفاصيل في المروض المرتفعة جداً .

ولما أن نلجأ إلى استخدام عدة ألوان حتى تلافى الوصول إلى لون داكن جداً يطمس تفاصيل الخريطة . فمثلاً يمكننا أن نستخدم اللون الأصفر الذى يبدأ من الأصفر الفاتح حتى الأصفر الداكن ونبدأ بعده في استخدام اللون البني ونصل بدرجاته



( شكل ١١١ ) الخريطة الكنتورية بعد تبسيطها

اللونية حتى البني الغامق . ويمكننا بعد ذلك إذا كانت المنطقة مرتفعة جداً أن نستعين باللون البنفسجي ثم الأبيض لتمييز قمم الجبال التي تتراكم عليها الثلوج بصفة مستمرة . أما إذا زاد الفارق بين أعلى وأدنى منسوب في الخريطة فيمكن أن نبدأ باللون الأخضر الداكن فالأخضر الفاتح فالأصفر فالبني فالبنفسجي فالأبيض .

#### استخدام التظليل في الخرائط الكنتورية :

يمرّف تظليل الخريطة باسم Stippling وتستخدم فرش الألوان في عملية التظليل . ويتم التظليل بافتراض وجود مصدر للضوء يتعامد رأسياً على تضاريس المنطقة التي توضعها الخريطة . ومن ثم تظهر المناطق المسطحة بلون فاتح والمنحدرة بلون داكن ومصدر الضوء في هذه الخرائط شبيه بمثيله في الخرائط التي تستخدم الهاشور ولكننا

الاستخدام خطوطا واضحة تمتد على مساحة دقيقة بل تظليل متدرج قائم على أساس فقط .

وثمة طريقة أخرى للتظليل تعرف في الولايات المتحدة الأمريكية باسم Plastic Shading  
نوم على أساس افتراض وجود مصدر مائل للضوء Oblique illumination بـكس الطريقة  
ابقة التي كانت تعتمد على افتراض وجود مصدر رأسي للضوء

ويفترض في هذه الطريقة أن مصدر الضوء هو الركن الشمالى الغربى ، ومن ثم فإن  
حدوات الشمالى الغربية والغربية تبقى بدون تظليل بينما تظلل المنحدرات الشرقية  
لجنوبية الشرقية .

وبما أننا نقيم في نصف الكرة الشمالى فإن مصدر الضوء غالبا ما يكون جنوبيًا . وقد  
ت المساحة البريطانية عدة تجارب للحصول على خرائط مظلمة بافتراض أن مصدر  
وه هو الركن الجنوبى فكانت النتيجة هى الحصول على خرائط يخل للناظر إليها أنها  
ت الخريطة الأصلية ولكنها السلبية Negative التي استخدمت في تصوير الخريطة  
سلبية .

ويستخدم اللون الأسود في التظليل وهو يمتد نتائج باهرة في المناطق الجبلية على  
، الخصوص . ولكن يعيب هذه الطريقة أن الظلال الداكنة في المناطق الجبلية قد  
و على التفاصيل الأخرى بالمنطقة ، وهى نفس الصعوبة التي واجهتنا في استخدام  
ة الهاشور .

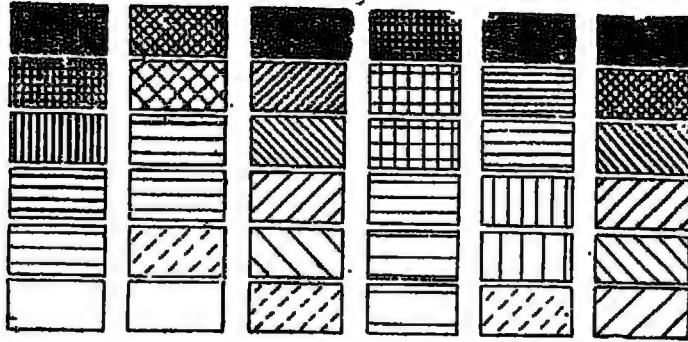
وقد شاع استخدام هذه الطريقة من طرق تمثيل سطح الأرض لاسيما مع الاستعانة  
ق كارتوجرافية أخرى مثل خطوط الكنتور .

### استخدام التظليل في الخرائط الكنتورية :

يمكن استخدام التظليل اليدوى Hand - stippling في تمثيل تضاريس المنطقة ، فبمد  
الخريطة الكنتورية يمكن رسم تظليلات تتدرج مع تدرج ارتفاع التضاريس . ويمكن  
تدرج هذه التظليلات ما بين اللون الأبيض واللون الأسود

ويوضح الشكل ( ١١٢ ) مجموعة من التظليلات يمكن استخدامها يدوياً في تمثيل  
بس سطح الأرض وهى تقسم على مجموعة من الخطوط المستقيمة أو النقاط

تتقارب من بعضها حتى تصل إلى اللون الأسود وتتباعده عن بعضها حتى تصل إلى اللون الأبيض .



( شكل ١١٢ )

ويميب هذه الطريقة أن بعض هذه التظليلات الداكنة قد تطفى على كثير من تفاصيل الخريطة أو لا تسمح بكتابة الأسماء . ويمكن مراعاة ذلك بترك مستطيلات بيضاء وسط التظليل تكتب فيها البيانات الكتابية . كما يجب مراعاة الدقة من حيث تساوى المسافة بين الخطوط حتى لا تقترب من بعضها أحياناً وتتباعده عن بعضها أحياناً أخرى لأن المسافة هنا مرتبطة بفتاح تظليل الخريطة نفسها .

ولتلافى هذا الميب يمكن استخدام مسطرة خاصة تمطينا نفس المسافة بين خطوط التظليل وهي تعرف باسم « Section Ruler » أو « Parallel Ruler » كما يمكن استخدام بعض اوراق السيولفان المطبوعة والمعروفة باسم Zip - a - tone حيث نجد كل التظليلات الممكنة والدقيقة جداً مرسومة عليها .

### الأشكال التضاريسية الرئيسية

يمكن التعرف على المظاهر التضاريسية الرئيسية من تحليل الخرائط الكنتورية تبعاً لما يوضحه لنا شكل خطوطها . لأن استخراج مثل هذه الأشكال التضاريسية من الخريطة قد يوحى للدارسين بملاقات وانطباعات ما كان من السهل عليهم الوصول إليها إلا من القراءة الكثيرة التي لا يمكن استيعابها بدورها إلا بمساعدة خريطة جيدة الصنع .

وكما أن القارئ المدرب على قراءة المطبوعات يستطيع أن يستوعب كلمات أو جملاً



بأكملها بنظرة خاطفة فكذلك يستطيع قارئ الخرائط المدرب أن يستخلص بسرعة المظاهر التضاريسية الرئيسية التي توضحها الخريطة الكنتورية من واقع الشكل الذي تتخذه خطوط الكنتور ومن واقع تصوره للقطاعات التضاريسية لهذه الخطوط من زواياها المختلفة .

وخير طريق لذلك أن نتبّع وندرس على حدة الفئات المختلفة من المظاهر التي تبيينها الخريطة كالخطوط الكنتورية والمجاري المائية . . . الخ ، ثم تقارن ذلك بالقطاعات التضاريسية لنفس الخريطة من عدة زوايا وإذا كان هذا عملاً مضمناً فإن هذه هي الطريقة الوحيدة التي توضح أن النظرة العابرة للخريطة لا تنقل صورة الكل بل صورة أجزائها المتعاقبة .

وتعطى الخطوط الكنتورية صورة بيانية واضحة ، وتثير التفكير بأن ذلك التمثيل الكارتوجرافي المحدود هو كل ما تقصد « الخريطة الطبوغرافية » أن توضحه . لأن محاولة إضافة معلومات جديدة خاصة بالمظاهر الحضارية Cultural Features من شأنها على الأقل أن تعمل على اضطراب الصورة الطبيعية وإن كانت في أسوأ الأحوال تخفي هذه المظاهر إخفاء تاماً تقريباً .

واستخلاص الأشكال التضاريسية الرئيسية من الخرائط الكنتورية على أبسط المستويات إنما يعنى بالمعنى الجغرافي تماماً ، تدريب في الترجمة من اللغة الكارتوجرافية « الأجنبية » إلى اللغة العربية ، ولا تزيد المهمة تشويقاً وصعوبة إلا حين يقصد أن يشمل الوصف التفسير إلى جانب الترجمة .

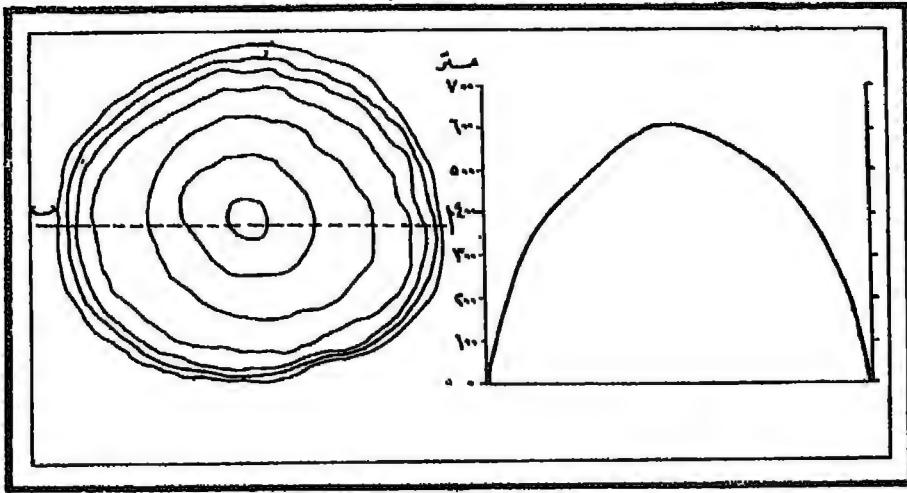
ولكن محاولتنا تفسير الأنماط التي تبيينها من الخريطة يتوقف على عاملين متغيرين هما : جودة الخريطة ومعلوماتنا السابقة عن المنطقة التي توضحها الخريطة فلا يمكن أن نحصل من خريطة رديئة لمنطقة مجهولة تماماً لنا على أكثر مما هو مثبت في الخريطة . فإذا لم يكن لنا معرفة سابقة بأقاليم مماثلة فإن النتائج ستظل قاصرة على الترجمة .

والواقع أننا لو قارنا بين ما توصلنا إليه من أوصاف للمنطقة من واقع الخريطة الكنتورية وبين مشاهدتنا للمنطقة بأنفسنا سنكتشف على الترتيب هاتين : أولهما أن الخريطة صورة ناقصة للطبيعة تترك الكثير للخيال ، والأمر الثاني هو أن الخريطة تبرز قوياً أنماطاً تغفلها دراستنا على الطبيعة .

وعلى ذلك فإن معرفتنا للأنماط الرئيسية لشكل خطوط السكتور وقطاعاتها التضاريسية يمكن أن يساعدنا كثيراً على دراسة الخرائط السكتورية وتحليلها . وفيما يلي أهم هذه المظاهر :-

#### ١ - التل القبلي : Domic Hill .

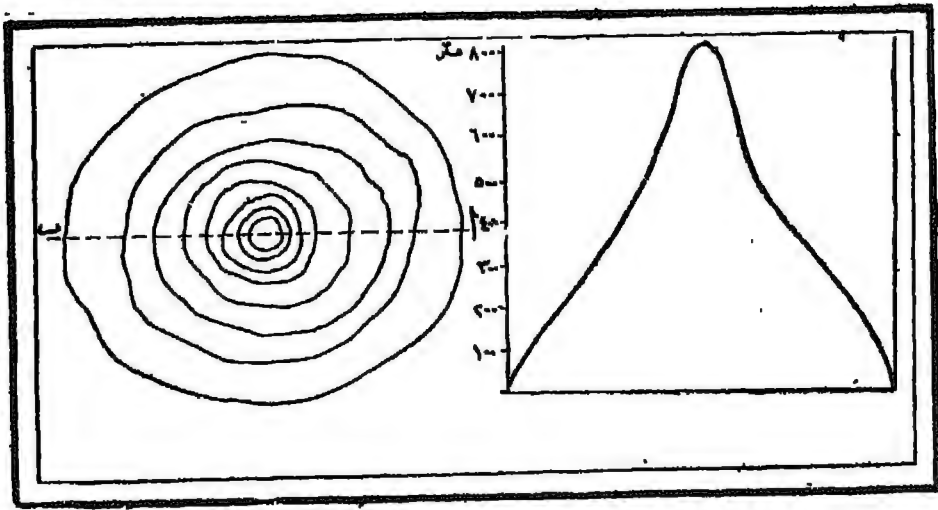
عبارة عن تل مرتفع جوانبه محدبة الانحدار أى يبدأ انحداره من أسفل بانحدار شديد ثم ينتهي من أعلى بانحدار خفيف ، ويمكن معرفة شكله من الخريطة من تقارب خطوط السكتور المنخفضة وتباعد السكتورات المرتفعة . ولو أنشأنا قطاعاً على طول الخط ( ا ب ) بالخريطة السكتورية التي يوضحها ( الشكل ١١٣ ) فإن شكل القطاع يعكس هذه الخاصية المحدبة للانحدار :



( شكل ١١٣ )

#### ٢ - التل المخروطي : Conic Hill

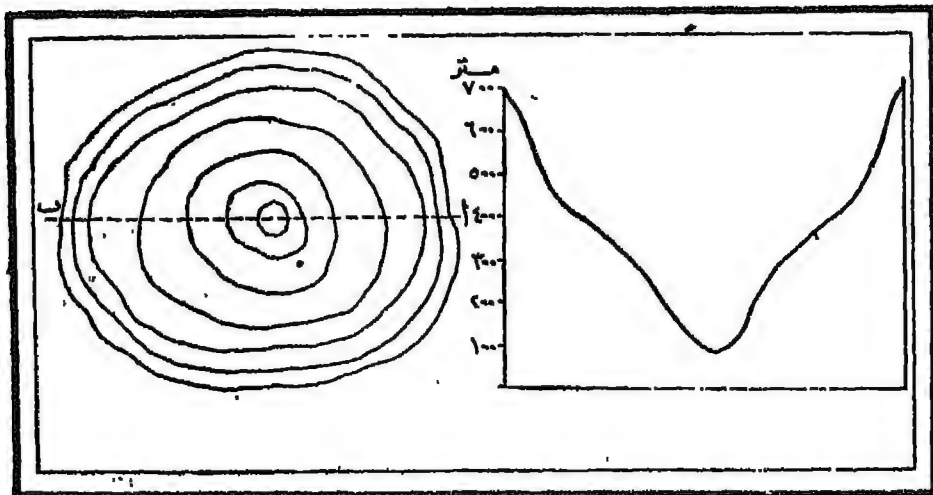
عبارة عن تل مرتفع تتخذ جوانبه شكل انحدار مقل أى أن انحداره يبدأ من أسفل بانحدار خفيف ثم يأخذ التل في الارتفاع بانحدار أشد إلى أن يلتقي التل عند أعلى نقطة فيه بانحدار حاد . ويمكن معرفة شكل التل المخروطي من الخريطة من تقارب خطوط السكتور عند القمة وتباعدها بالقرب من القاعدة . والقطاع التضاريسي الذي يرسم على طول الخط ( ا ب ) بالخريطة السكتورية التي يوضحها ( الشكل ١١٤ ) يوضح الانحدار المقل الذي تتخذه جوانب التل .



(شكل ١١٢)

### ٣ - الانخفاض الحوضي : Basin

عبارة عن منطقة مرتفعة الجوانب ومنخفضة من الوسط وتتميز بنظام تصريف المياه الداخلي Inland drainage . ويمكن تمييز الحوض في الخريطة من الشكل الدائري الذي تتخذه خطوط الكنتور، فشكل خطوط الكنتور في الانخفاض الحوضي شبيهة بشكلها في حالة التل القبابي، ولكن الفارق الأساسي هو أن انحدار خطوط الكنتور في الحوض يميلو كلما خرجنا إلى الأطراف الخارجية للخطوط الكنتورية. والقطاع الناتج على طول الخط (اب) المرسوم على خريطة حوض (شكل ١١٥) يوضح لنا أن الانحدار في هذه الحالة عبارة عن انحدار مقعر ولكن بدلا

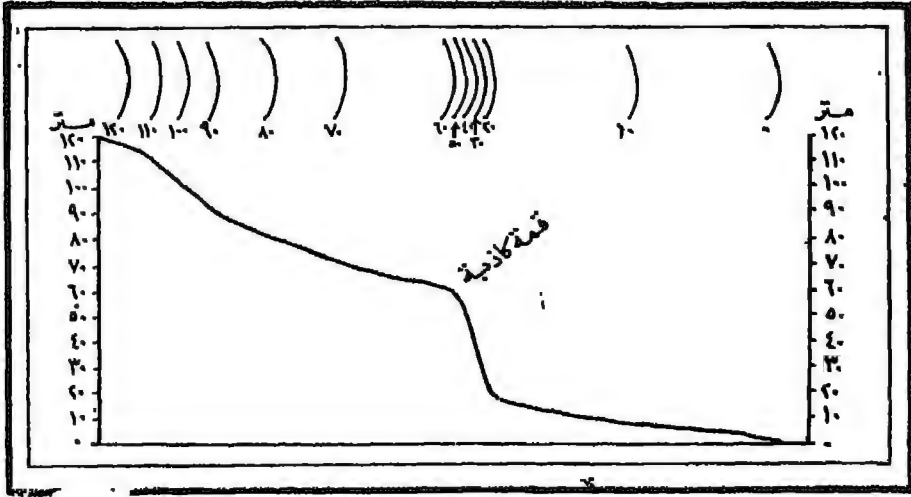


(شكل ١١٥)

من أن يلتقى طرفاه المرتفعان وينتج عن التقائهما تل مخروطى ، يلتقى طرفاه المنخفضان وينتج عن هذا الالتقاء انخفاض حوضى .

#### ٤ — القمة الكاذبة : False Crest

هى النقطة التى يتميز عندها الانحدار من انحدار خفيف إلى انحدار شديد . وبعد أن تكون خطوط الكنتور متباعدة نجدها تتقارب بشدة، ويظهر القطاع المرافق لشكل (١١٦) مثل هذه القمة .



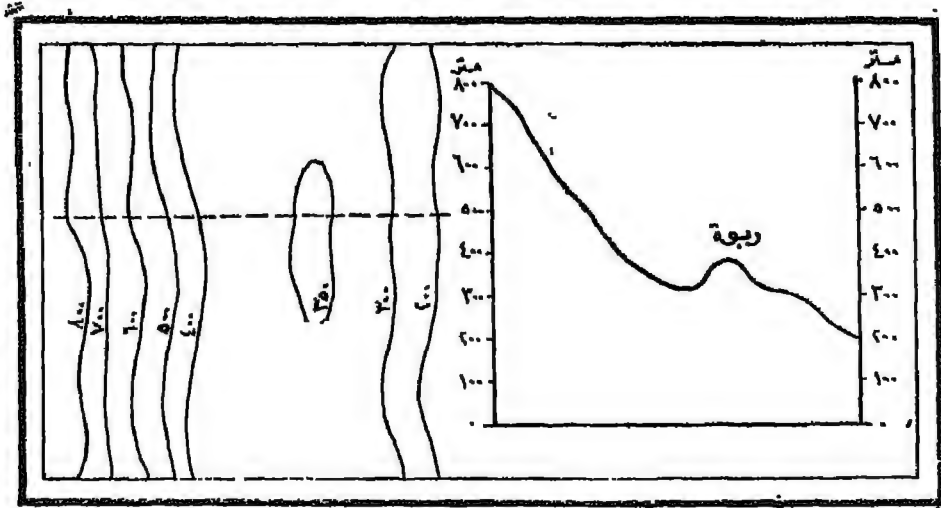
( شكل ١١٦ )

#### ٥ — الربوة : Knoll

هى تل صغير ومنفصل نسبياً عن الأرض المجاورة له . وتظهر الخطوط الكنتورية للربوة مقلدة ومنفصلة ، ولا تكون قاعدة الربوة فى القطاع التضاريسى قريبة من سطح البحر بل أعلى من خط الكنتور المجاور لها ( شكل ١١٧ ) .

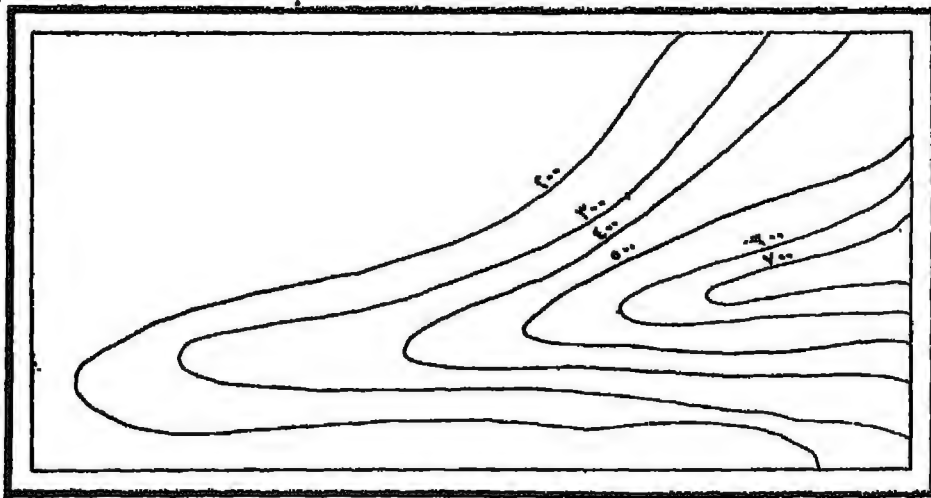
#### ٦ — البروز : Salient of spur

هو امتداد ظاهر فى جانب التل أو الجبل ، فهو عبارة عن ظاهرة صغيرة Under feature متولدة عن ظاهرة أخرى رئيسية Main feature وهى التل أو الجبل . ويظهر هذا البروز فى



(شكل ١١٧)

الخرائط الكنتورية على شكل لسان من الأرض المرتفعة تدفع خطوطها الكنتورية داخل الأراضي الأقل ارتفاعاً (شكل ١١٨).

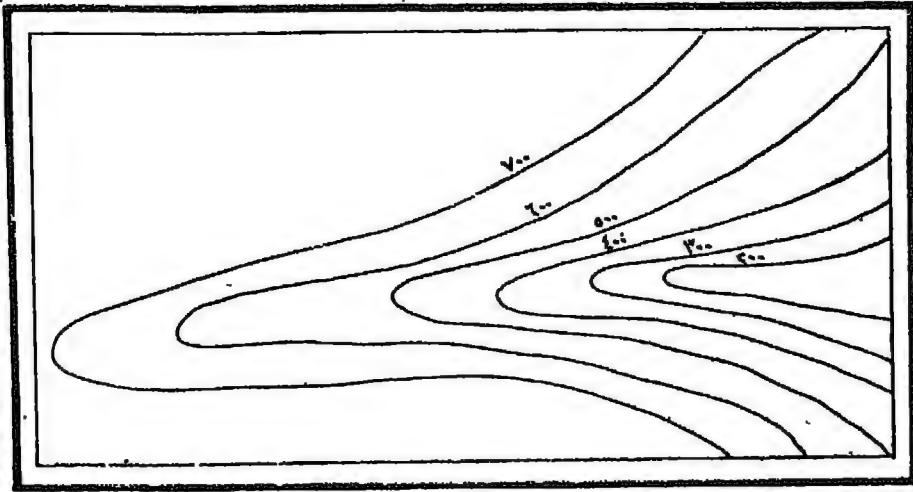


(شكل ١١٨)

#### ٧ - الثغرة: Re-entrant

هي ما يحدث من انحناء سطح المناطق المرتفعة داخل هبتها الأصلية وتكون الثغرة دائماً بين بروزين. وبين الشكل (١١٩) الثغرة في الخريطة الكنتورية على شكل لسان من الأرض المنخفضة تدفع خطوطها الكنتورية داخل الأراضي الأكثر ارتفاعاً. وشكل خطوط.

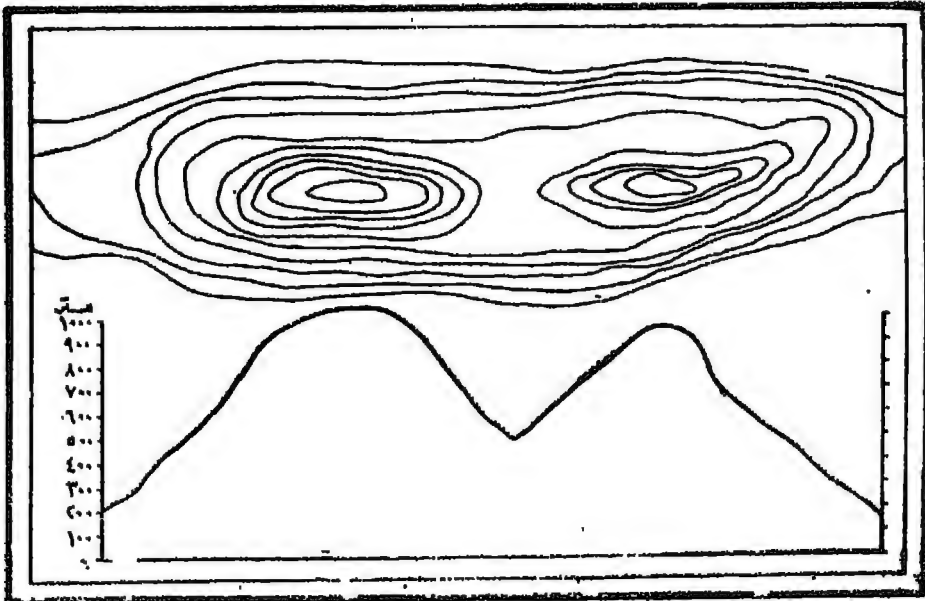
الكنفتور في كل من البروز والثفلة شكل واحد، ولكن القارق بينهما هو طريقة ترقيم خطوط الكنتور، فالترقيم في كل منهما معاكس للآخر .



(شكل ١١٩)

#### ٨ - جبل ذو قمتين : -

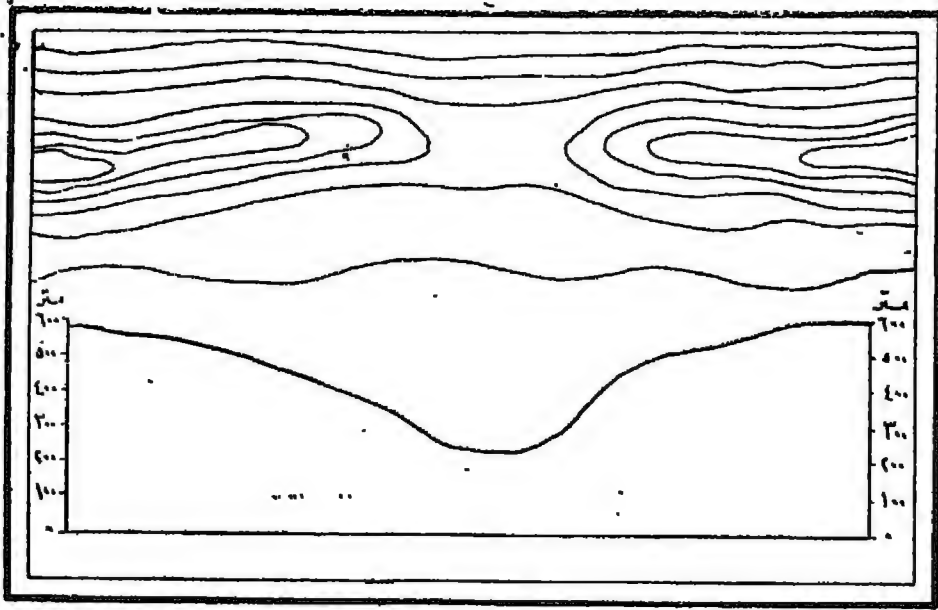
وهو عبارة عن جبل تظهر له قمتان تفصل كل منهما عن الأخرى رقبة « Saddle » أو « Col » وهي انخفاض بين قمتي الجبل. والرقبة تكون دائماً في مستوى أو طاً من القمم التي تحيط بها، ولكنها تكون أعلى من السهول أو الوديان المجاورة لها .



(شكل ١٢٠)

٩ — المر الجبلى : Pass

هو عبارة عن منخفض من الأرض يقع بين منطقتين مرتفعتين وليس بين قمتين، ولهذا فإن  
المر الجبلى كما يبينه الشكل (١٢١) يحده فى الخريطة الكنتورية عادة خطى كنتور على  
منسوب واحد .



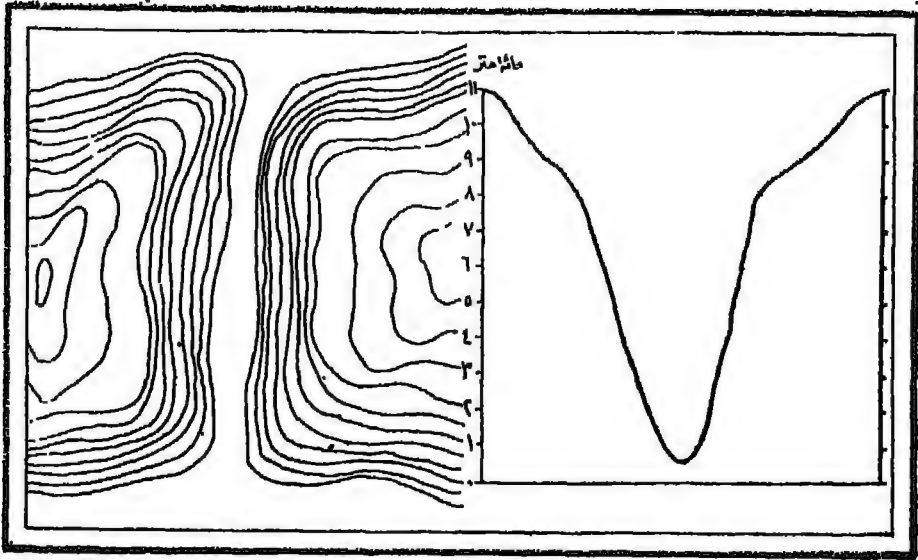
( شكل ١٢١ )

١٠ — الخانق : Gorge

وهو عبارة عن هوة عميقة تفصل بين مرتعتين قائمتين تقريباً، وتظهر الخوانق (الشكل ١٢٢)  
على الخريطة الكنتورية على شكل خطوط تتقارب بشدة ويبلغ منسوب خطى الكنتور على  
جانبي الخانق منسوب واحد .

١١ — المضيق : Defile

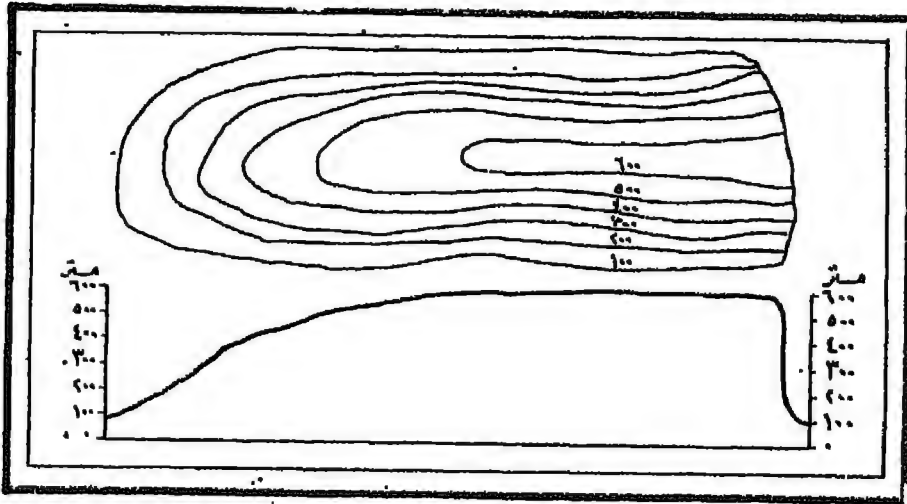
هو أى ظاهرة طبيعية أو صناعية ترغم أى مجموعة من الناس على تصغير واجهتهم  
المادية أثناء مرور هذه المجموعة منها فالمر الجبلى والرقبة والخانق ما هى إلا مضائق طبيعية  
أما الكبارى والطرق المنشأة فوق المستنقعات فهى أمثلة للمضايق الصناعية .



( شكل ١٢٢ )

## ١٢ - الجرف: Cliff

عبارة عن منطقة من الأرض تنخفض فجأة أي أن سطح الأرض يتحد بزوايا قائمة ، وتتلاق خطوط الكنتور كلها عند حافة الجرف كما هو واضح من الشكل (١٢٣) .



( شكل ١٢٣ )

## ١٣ - الوادي: Valley

تظهر الأودية في الخرائط الكنتورية على شكل خطوط كنتورية منحدية تتراجع دائماً نحو المنبع .

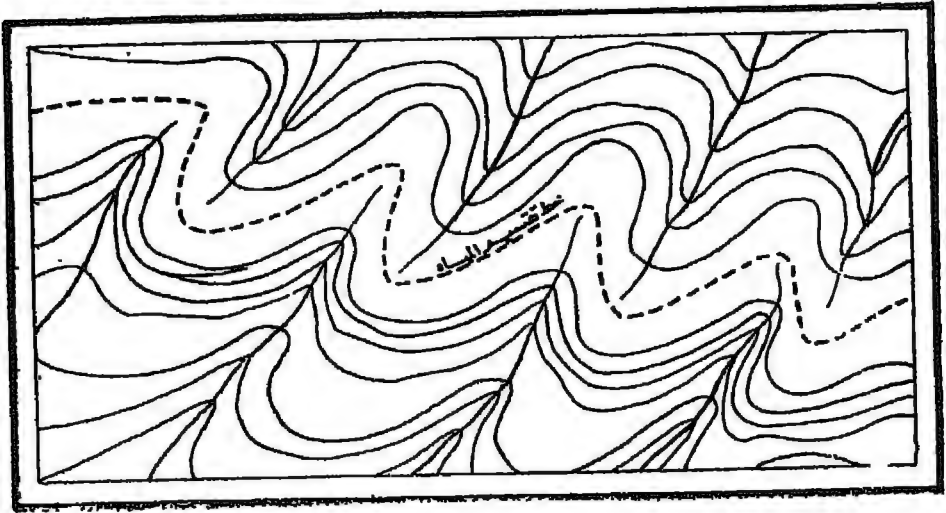


١٤ — مجرى الماء: Water - Course

هو الخط الذى يحدد أقل أجزاء الوادى انخفاضاً سواء كان به ماء أم لا .

١٥ — خط تقسيم المياه: Watershed

ويعرف هذا الخط أحياناً باسم «Waterdivide» أو «Waterparting» وهو يحدد أعلى منسوب فى المنطقة التى تمثلها الخريطة والتى تخترقها الأودية فهو إذن الأرض المرتفعة التى تفصل حوضى نهرين أو أعلى جزء فى الأرض حيث تموزع المياه المتساقطة وتسير فى اتجاهين مختلفين . ومن هنا فإن هذا الخط يعرف فى الولايات المتحدة باسم Heights of land .



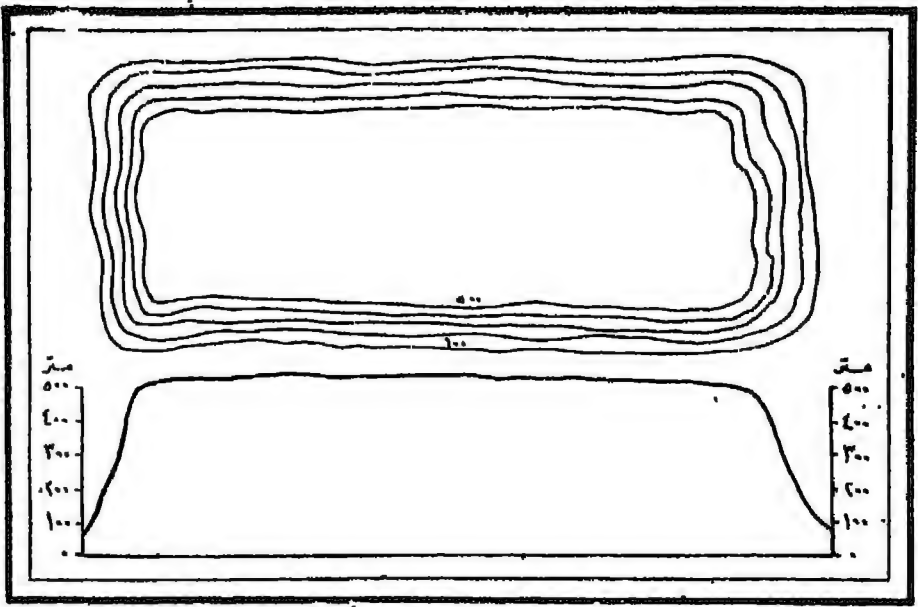
( شكل ١٢٤ )

١٦ — الهضبة : Plateau

تشبه الجبل من حيث أنها منطقة مرتفعة ولكنها تختلف عنه من حيث أن قمتها مستوية مثل المائدة ومن هنا فإنها تعرف أحياناً باسم Tableland . ولهذا فإن الخريطة الكنتورية التى يبينها الشكل (١٢٥) والتى تمثل هضبة تخلو من الخطوط الكنتورية فى منطقة الوسط ولكنها تقتارب عند الأطراف المنخفضة . ويمكس قطاعها التضاريسى هذه الصورة بوضوح .

١٧ — مناطق خالية من خطوط الكنتور : No contours

قد تخلو الخريطة الطبوغرافية التى تتداولها من أية خطوط كنتورية ويرجع ذلك فى معظم الأحيان إلى أن الأرض فى المنطقة التى توضحها الخريطة تتخذ شكلاً



( شكل ١٢٥ )

مسطحاً أى أن انحدارها لا يعتمدى الفاصل الرأسى لخطوط الكنتور بالخرطة ، وتظهر هذه الظاهرة فى الخرائط الكبيرة المقياس التى توضح سهولا فيضية Flood - Plains أو مستنقعات Marshlands أو دالات Deltas . . . الخ .

#### ١٨ - أنماط غير مميزة : No distinctive pattern

فى أحيان قليلة لا توضح الخريطة الكنتورية نمطاً مميزاً من الأشكال التضاريسية المألوفة حينما يتميز سطح الأرض بتماييج خفيفة Undulating ground أو تماييج عنيفة Hummocky نتيجة عمليات النحت والتعرية المتواصلة ، كما هو الحال فى السهول التحتائية Peneplains والركامات الأرضية Ground moraines مثلاً .

## القطاعات التضاريسية

يقصد بكلمة قطاع Profile أو Section ذلك الخط البياني الذي يقطع سطح الأرض رأسياً على محور معين ، وهو يوضح تدرج سطح الأرض بالنسبة لمستوى سطح البحر فيرتفع خط القطاع بارتفاع سطح الأرض من جبال وهضاب وغيرها وينخفض بانخفاضه في مناطق السهول والوديان والأحواض .

ويمكن أن يتغير شكل القطاع في المنطقة الواحدة بتغير المحور الذي يجري رسم القطاع على طوله . فلو أننا أردنا رسم قطاع لأحد الأودية النهرية لأمكننا أن نحصل إما على قطاع طولى Longitudinal يعبر عن انحدار الوادي على سطح الأرض ابتداء من المنبع حتى المصب ، أو على قطاع عرضي Transverse يمثل انحدار سطح الأرض من اليمين إلى اليسار عبر الوادي نفسه .

### طريقة رسم القطاع

ترسم القطاعات التضاريسية من واقع خريطة كنتورية بإحدى طريقتين :

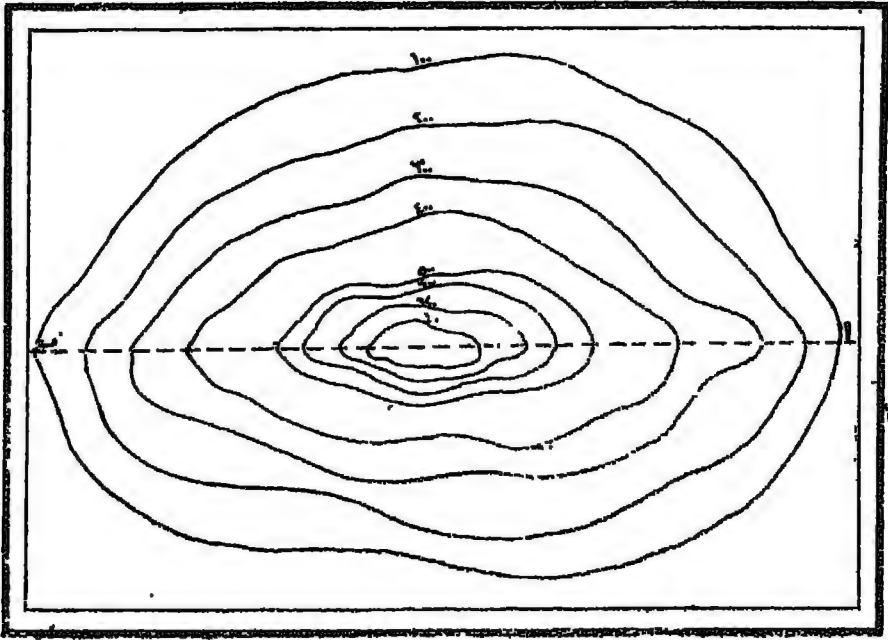
#### الطريقة الأولى :

١ - الشكل (١٢٦) يوضح خريطة كنتورية والمطلوب عمل قطاع تضاريسي بين نقطة (١) ونقطة (ب) .

٢ - نرسم خطاً على الخريطة الكنتورية نفسها على طول المنطقة المراد عمل القطاع عبرها أي على طول الخط (١ ب) .

٣ - نأخذ بالورقة المطلوب رسم القطاع عليها ، ثم نرسم بها خطاً أفقياً موازياً لخط القطاع المرسوم على الخريطة الكنتورية ليكون قاعدة للقطاع المطلوب رسمه .

٤ - نسقط على قاعدة القطاع أعمدة من النقاط التي يتلاقى عندها الخط ١ ب بالخطوط الكنتورية ثم ندون تحت كل عمود منها رقم الخط الكنتوري الذي أسقط منه .



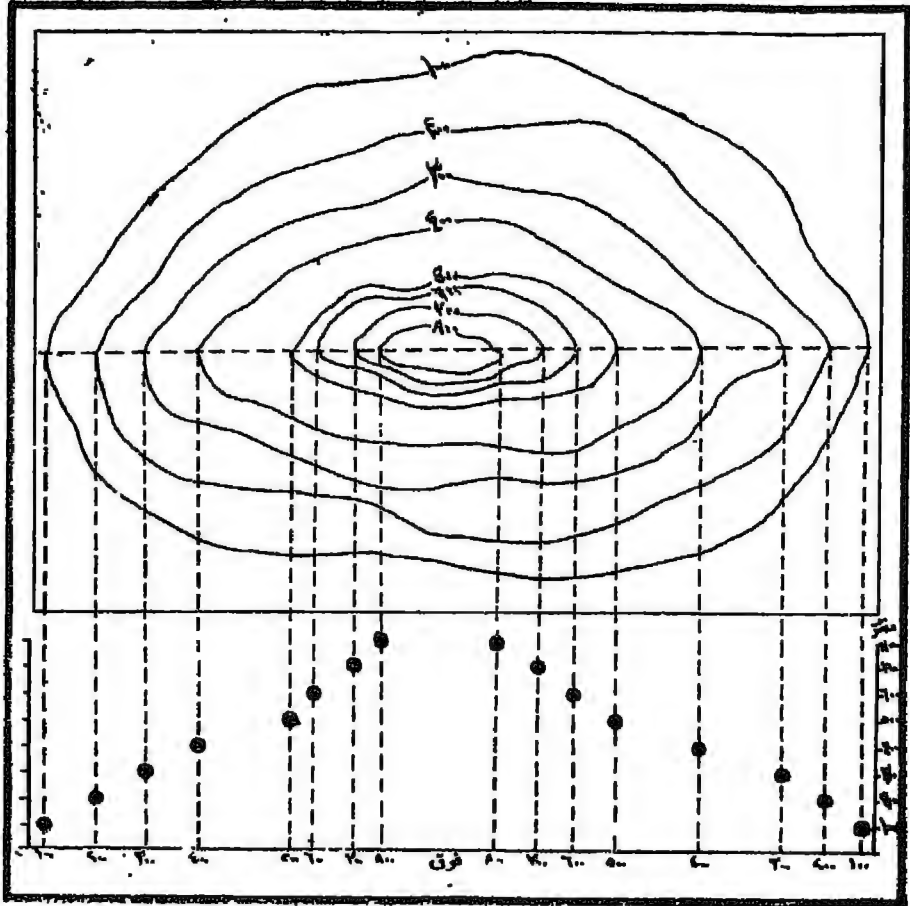
( شكل ١٢٦ )

الخريطة الكنتورية وعليها الخط ( ا ب ) المطلوب رسم قطاع للمنطقة التي يجتازها

٥ - في الحالة التي يتجاور فيها عمودان متساويان في ارتفاعهما نكتب بين العمودين كلمة ( فوق ) إذا كانت المنطقة الواقعة بينهما أكثر ارتفاعاً منهما ( ونستدل على ذلك من الخريطة الكنتورية نفسها ) ونكتب كلمة ( تحت ) إذا كانت هذه المنطقة أقل ارتفاعاً منهما، حتى يتسنى لنا رسم القطاع بالدقة المطلوبة .

٦ - نرسم في نهاية قاعدة القطاع محوراً رأسياً نحدد على طوله ارتفاع أجزاء القطاع . فيكون لدينا محورين : محوراً أفقياً وهو خط القطاع ومحوراً رأسياً نحدد على طوله الارتفاعات .

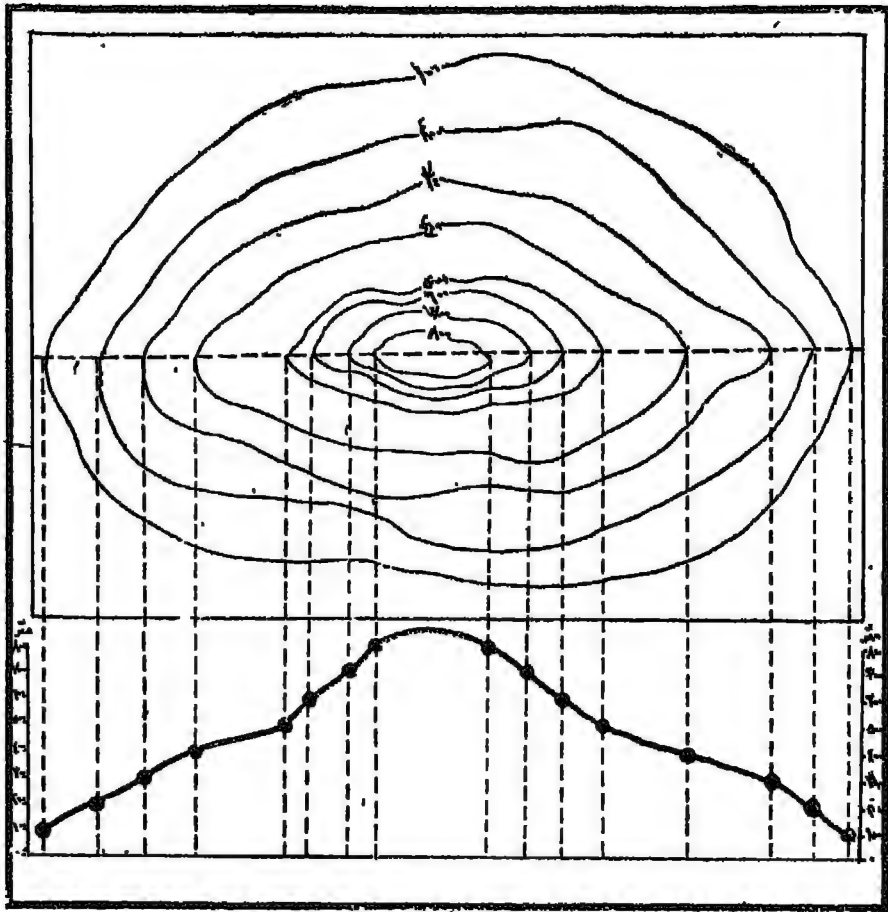
٧ - نتخذ مقياس رسم مناسب للارتفاعات وليكن ٣ ملليمترات لكل ١٠٠ متر ، ثم نمين على كل عمود نقطة تملو عن القاعدة بمقدار يساوى الرقم المكتوب تحته تبعاً لمقياس الرسم الذي نحدد على المحور الرأسى .



( شكل ١٢٧ )

قاعدة القطاع وقد أسقطت عليها الأعمدة ودونت عليها أرقام خطوط الكنتور وعيّن عليها النقط التي تتفق مع الرقم المدون تحت الأعمدة حسب مقياس الرسم

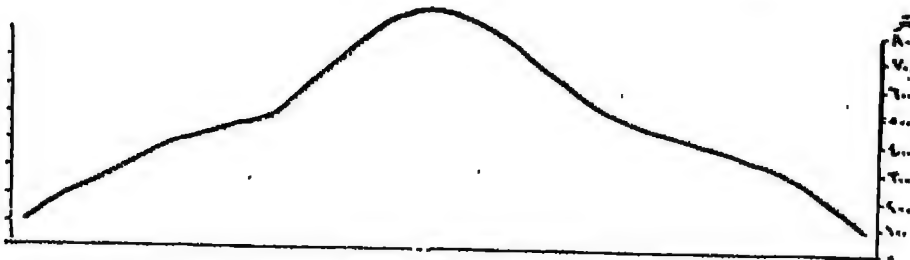
٨ - نصل النقط التي تحددت على طول الأعمدة ببعضها بخط منحنى بحيث يتقوس إلى أعلى بين العمودين المكتوب بينهما كلمة ( فوق ) ، وإلى أسفل بين العمودين المكتوب بينهما كلمة ( تحت ) فيكون هذا هو القطاع المطلوب .



(شكل ١٢٨)

شكل القطاع بعد توصيل النقاط بخط منحنى

٩ - نحذف الأعمدة التي كنا قد أسقطناها من الخريطة الكنتورية فنحصل على الشكل النهائي للقطاع .

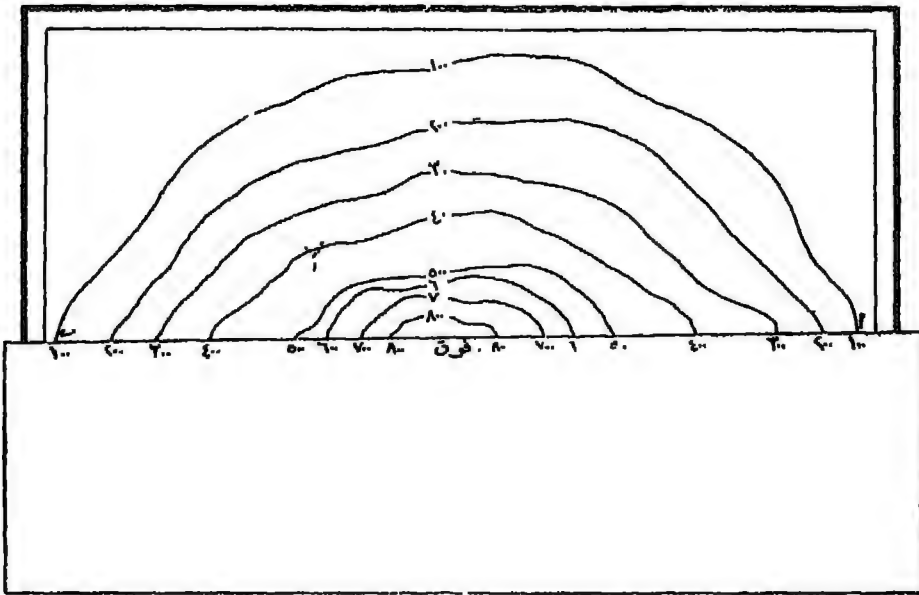


( شكل ١٢٩ )

الشكل النهائي للقطاع

### الطريقة الثانية :

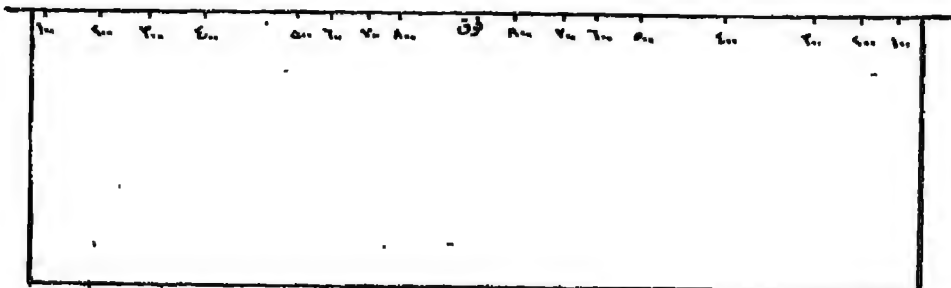
١ - نأخذ بورقة ذات حافة مستقيمة ثم نضعها على الخريطة بحيث تنطبق حافتها المستقيمة على الخط المحدد لمحور القطاع على الخريطة الكنتورية أى على الخط (اب) .



( شكل ١٣٠ ) شكل الخريطة الكنتورية بعد أن وصمت الحافة المستقيمة للورقة على الخط (اب) ثم حددت عليها النقط وكتب عند كل نقطة رقم الخط الكنتورى الخاص بها

٢ - نحدد نقطاً بالقلم الرصاص على حافة الورقة عند النقط التى تتلاقى عندها حافة الورقة بالخطوط الكنتورية ونكتب عند كل نقطة رقم الخط الكنتورى الخاص بها .

٣ - نرسم فى ورقة أخرى خطاً مستقيماً نتخذة قاعدة للقطاع المطلوب ، ثم نطبق عليه حافة الورقة الأولى ، وننقل إليه النقط والأرقام الموجودة على الحافة .

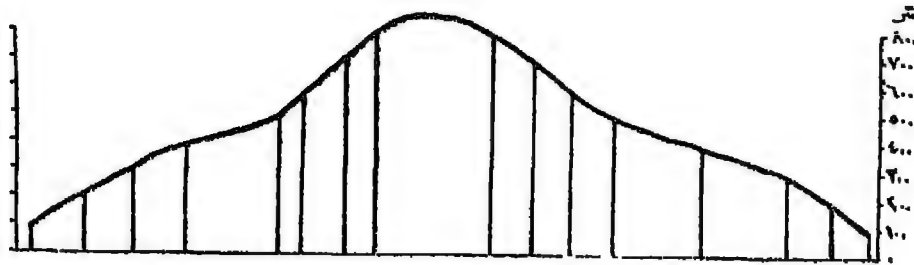


٤ - نقيم أعمدة من النقط المختلفة التي رسمناها على قاعدة القطاع ، بحيث يكون طول كل عمود مناسباً للرقم الدون تحت كل نقطة حسب مقياس الرسم المستخدم والذي يوضحه المحور الرأسى والذي سبق شرح طريقة إنشائه .



( شكل ١٣٢ ) شكل قاعدة القطاع بعد أن أقيمت عليها الأعمدة

٥ - نصل بين أطراف هذه الأعمدة بخط منحنى على النحو الذى اتبع فى الطريقة السابقة فيكون هذا هو خط القطاع .



( شكل ١٣٣ ) الشكل النهائى للقطاع

٦ - نحذف الأعمدة القائمة على المحور الأفقى .

#### ملاحظات :

١ - لا بد أن تسود العلاقة بين المحور الأفقى والمحور الرأسى للقطاع التضاريسى نوع من البساطة . إذ لو رسمنا المحور الرأسى للقطاع بنفس مقياس الرسم الذى نرسم به المحور الأفقى لبدت القطاعات التضاريسية على شكل خطوط مستقيمة لا توضح أية تفاصيل عن ارتفاع أو انخفاض سطح الأرض ، فلا بد أن يختلف المقياسان وعادة ما يكون المقياس الأفقى هو نفسه مقياس رسم الخريطة ، بينما نبالغ فى المقياس الرأسى حتى تظهر الذبذبات الموجودة فى سطح الأرض .



فلو كان المقياس الأفقى Horizontal scale (وهو مقياس رسم الخريطة) للقطاع  
 ١ / ١٢٥,٠٠٠ والمقياس الرأسى Vertical scale ١ / ٢٥,٠٠٠ فإن هذه العلاقة التى تزيد  
 الوصول إليها تسمى بالمبالغة الرأسية Vertical exaggeration لأننا نرسم المحور الأفقى كما  
 هو بينما نبالغ فى المحور الرأسى .  
 وحساب المبالغة الرأسية يكون كالتالى :

$$\frac{\text{المقياس الرأسى}}{\text{المقياس الأفقى}} = \text{المبالغة الرأسية}$$

$$\frac{1}{125,000} = \frac{1}{25,000}$$

$$\frac{125,000}{25,000} =$$

$$5 =$$

أى أننا نكون قد بالغنا فى المقياس الرأسى وجمالناه خمسة أضعاف المقياس الأفقى حتى  
 تظهر الذبذبات الموجودة فى سطح الأرض .  
 وإذا كان خط القطاع طويلا كأن يبلغ طوله نصف متر مثلاً وأردنا اختصاره للنصف  
 فيجب أن نلاحظ أن المقياس الأفقى سيتغير ويصبح فى حالتنا هذه مثلاً :

$$\frac{1}{250,000} = \frac{1}{2} \times \frac{1}{125,000}$$

فإذا ظل المقياس الرأسى كما هو بدون تغيير فإن المبالغة الرأسية ستتغير :

$$\frac{1}{250,000} = \frac{1}{250,000} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{500,000}$$

أى أنه يمكننا تحقيق المبالغة الرأسية إما عن طريق تكبير المقاس الرأسى مع الاحتفاظ بالمقياس الأفقى بدون تغيير - وهذا هو الشائع والأدق - وإما جعل المقياس الرأسى هو نفسه مقياس رسم الخريطة واختصار طول خط قاعدة القطاع وما يتبع ذلك من تغيير مقياس الرسم الأفقى . ولكن الحالة الثانية لا تستخدم إلا إذا كان خط القاعدة أطول من الورق المخصص لرسم القطاع . وفى هذه الحالة لا تتم عملية الاختصار هذه إلا بعد إسقاط الأعمدة من الخريطة الكنتورية على خط القاعدة ثم تختصر المسافات الموجودة بين هذه الأعمدة بنفس نسبة التصغير المطلوبة .

٢ - يمكن أن نستخدم ورق ربات بدلا من الورق المادى فى رسم القطاعات، لأن طبيعة هذا الورق تسهل لنا عمليات إسقاط الأعمدة أو رسم المحور الرأسى وتحديد نقط الارتفاعات عليه . بل إن استخدم هذا الورق يعفينا من مهمة إسقاط الأعمدة على خط القطاع إذ يكفى أن نرسم المحورين الأفقى والرأسى ونضع نقط تقاطع خط القطاع مع خطوط الكنتور على خط قاعدة القطاع . بعد ذلك لا نرسم أعمدة بل يكفى أن نضع علامة عند التقاء المحور الأفقى والرأسى لكل نقطة منها . وبتوصيل هذه العلامات ببعضها نحصل على القطاع المطلوب .

٣ - يجب أن يبدأ القطاع من النقطة الصحيحة للارتفاع حتى لو كانت هذه النقطة بين ارتفاعين على المحور الرأسى .

٤ - نرسم قم المرتفعات بدقة حتى تظهر لنا بشكلها الحقيقى، وهما إذا كانت مديبة Peaked أو مسطحة Flattened .

٥ - بعد تمييز القطاع نكتب على الثنيات السلبية والإيجابية الأسماء الدالة عليها مثل نهر النيل - بحيرة قارون - جبل كذا - منخفض كذا .... الخ وتكتب هذه البيانات بطريقة متعامدة على القطاع .

٦ - يجب أن يكتب توجيه القطاع Orientation على طرفى القطاع كأن نكتب على أحد طرفيه شمالى شرق وعلى الطرف الآخر جنوبى غربى أو نكتب على طرف « أ » وعلى الطرف الآخر « ب » حتى يمكن معرفة التوجيه الصحيح للقطاع .

٧ - أخيراً نكتب تحت القطاع قيمة المبالغة الرأسية التي لا يجب أن نبالغ فيها كثيراً حتى لا تظهر الذبذبات الصغيرة على شكل قم مرتفعة ولا تقلل مقدارها حتى لا تضيع التفاصيل الخفيفة في سطح الأرض .

### أنواع القطاعات التضاريسية

للقطاعات التضاريسية بالشكل الذي يبينه فوائد عديدة تمجيز الخرائط الكنتورية من توضيحها وهي تشكل في نفس الوقت الأساس الذي تقوم عليه أنواع أخرى من القطاعات تستخدم أغراضاً دراسية عديدة . وأهم هذه القطاعات ما يلي :

#### ١ - قطاعات متسلسلة : Serial profiles

تقوم فكرة القطاعات المتسلسلة على رسم مجموعة من القطاعات المادية بنفس الطريقة السابقة. فإذا أردنا أن تبين التغيرات الرئيسية في منطقة يخترقها أحد الأودية النهرية مثلاً ، فإننا ننشئ سلسلة من القطاعات على طول هذا الوادي في أماكن مختلفة من مجراه . فإذا رسمنا هذه السلسلة من القطاعات تبدأ من منبع النهر حتى مصبه ، فيظهر القطاع الأول الذي يقطع الوادي عند المنبع على شكل ٧، ثم يبدأ قاع الوادي يتغير حتى نجد القطاع الأخير يأخذ شكل U بفعل عمليات النحت الجانبي المستمرة .

ولا ترسم القطاعات المتسلسلة منفردة بل يضمها كلها شكل بياني واحد ، ترتب فيه القطاعات تبعاً لترتيبها على الطبيعة .

فلو أنشأنا مجموعة من القطاعات المتسلسلة في مصر على طول خطوط العرض الرئيسية ابتداء من خط عرض ٢٢° حتى خط عرض ٣١° مثلاً ثم رتبنا هذه القطاعات في رسم بياني واحد يضمها كلها فإننا نحصل على « قطاعات متسلسلة » لوادي النيل في مصر .

كما يمكن إنشاء قطاعات متسلسلة تبين طبيعة تركيب السواحل، ويمكن منها أن نستدل على العوامل المختلفة التي تلعب دوراً ملحوظاً في تشكيل هذه السواحل وتزيد قيمة هذه القطاعات إذا صاحبها خريطة كنتورية لنفس المنطقة ، فإن فائدتها في هذه الحالة لا يمكن التقليل منها .

## ٢ — القطاعات العرضية للأودية النهرية: Valley cross-sections

لا تختلف طريقة رسم هذه القطاعات عن طريقة رسم القطاعات التسلسلة من حيث أن الخطوط التي ترسم على طولها القطاعات العرضية للأودية النهرية تكون قاطعة أى عمودية على اتجاهات هذه الأودية .

ويمكن اختيار هذه القطاعات بحيث تعطى صورة عن أجزاء الوادى المختلفة ( العليا والوسطى والدنيا ) . أى أننا نرسم قطاعاً عرضياً المجرى الأعلى للنهر وقطاعاً ثانياً للمجرى الأوسط وقطاعاً ثالثاً عبر المجرى الأدنى للنهر ، فإن هذه القطاعات الثلاثة تساعدنا على دراسة طبيعة النحت والارساب فى النهر ومعرفة المرحلة التى يمر بها النهر .

وطريقة رسم كل قطاع من هذه القطاعات الثلاثة هى نفسها طريقة رسم القطاعات المادية .

## ٣ — قطاعات أراضى ما بين الأودية : Interfluvial profiles

قطاعات أراضى ما بين الأودية عبارة عن قطاعات تضاريسية للأعمدة الفقرية لأراضى ما بين الأودية أى أنها قطاعات تضاريسية لخطوط تقسيم المياه .

وهذه القطاعات إما أن ترسم فوق بعضها وإما أن يوضع كل قطاع حسب مكانه على الخريطة فتظهر القطاعات مرتبة بشكل يعطى شكل الوادى أو المنطقة على الطبيعة .

وتمطينا هذه القطاعات صورة لمنصرى سطح الأرض وهما الإمتواء والانحدار ، كما أنها تمطينا صورة لتتابع مراحل التجديد أى لهبوط مستوى القاعدة ..

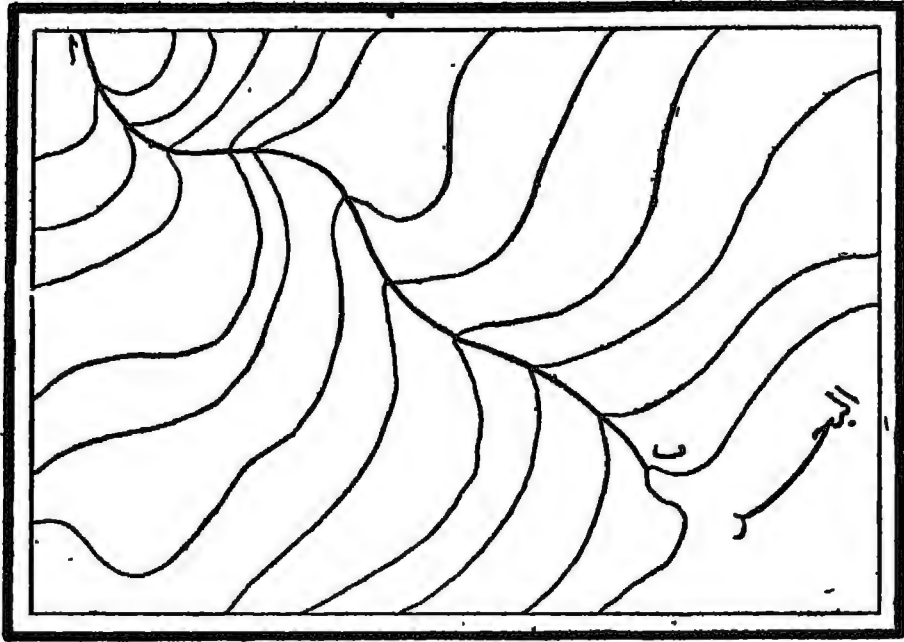
## ٤ — القطاعات الطولية : Longitudinal profiles

طريقة رسم هذه القطاعات لا تختلف عن طريقة رسم قطاعات أراضى ما بين الأودية إلا أن هذه القطاعات تتبع بطون الأودية Valley floors بدلا من أن تتبع الأعمدة الفقرية للأراضى المرتفعة Interfluvial crests . ولكن القطاعات الطولية لا تقتصر على توضيح ظاهرات مائية فقط بل قد تحتاج إلى إنشاء قطاعات طولية للطرق البرية وخطوط السكك الحديدية . . . الخ .

ويستخدم فى رسم القطاعات الطولية مقسم Divider نستخدمه فى فرد النهر أو الخط

الحديدى أو الطريق بين خطوط الكنتور ونسقطه على قاعدة القطاع . وطريقة رسم القطاعات الطولية على النحو التالى إذا كان المطلوب رسم قطاع طولى للنهر (اب) :

(١) نرسم خطاً أفقياً فى الورقة المخصصة لرسم القطاع ليكون هذا الخط هو خط قاعدة القطاع .



( شكل ١٣٤ )

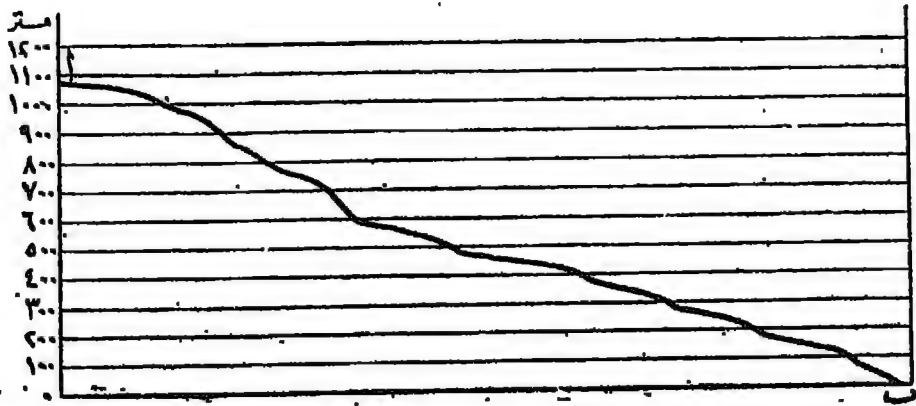
(ب) نرسم فى نهاية هذا الخط من أحد طرفيه خطاً رأسياً يتعامد على خط القطاع نحدد عليه الارتفاعات التى توضحها الخريطة الكنتورية . والمحور الرأسى فى القطاع الطولى يكون على طرف واحد من القطاع لحين الانتهاء من رسم القطاع فتحدد المحور الآخر ، لأن طول خط القاعدة ليس هو المسافة المباشرة بين نقطتي أ ، ب ولكنه طول النهر نفسه .

(ج) يرسم المحور الرأسى السابق بنوع من البالافى أيضاً ، أى لا يتساوى مقياس الرسم فى كل من المحورين .

(د) نستخدم مقسماً Divider بفتحة صغيرة ولتكن ٢ ملليمتر ، ونضع المقسم عند بداية النهر وننقله فوق خط النهر من مبدئه إلى التقائه بأول خط كنتور ١٠٠٠ متر ، ثم نحصى عدد هذه الدورات ولتكن عشر دورات أى ٢ سم .

( هـ ) نضع على المحور الرأسى عند ارتفاع ١٠٠٠ متر نقطة أو علامة تبعد عن هذا المحور بمسافة ٢ سم .

( و ) نستكمل عملية نقل المقسم على طول مجرى النهر حتى التقائه بالخط الكنتورى التالى وهو خط كنتور ٩٠٠ متر ، ولتكن هذه المسافة ٤ دورات أى ٨ ملايين مترات ، فتكون المسافة بين المحور الرأسى وبين خط التقاء النهر بالارتفاع ٩٠٠ هو ٨ ملايين مترات مضافة إلى الستيمترين السابقين ، أى أننا نضع علامة عند ارتفاع ٩٠٠ تبعد عن المحور الرأسى بمقدار ٢٨ مليوناً .



( شكل ١٣٥ ) قطاع طول للنهر

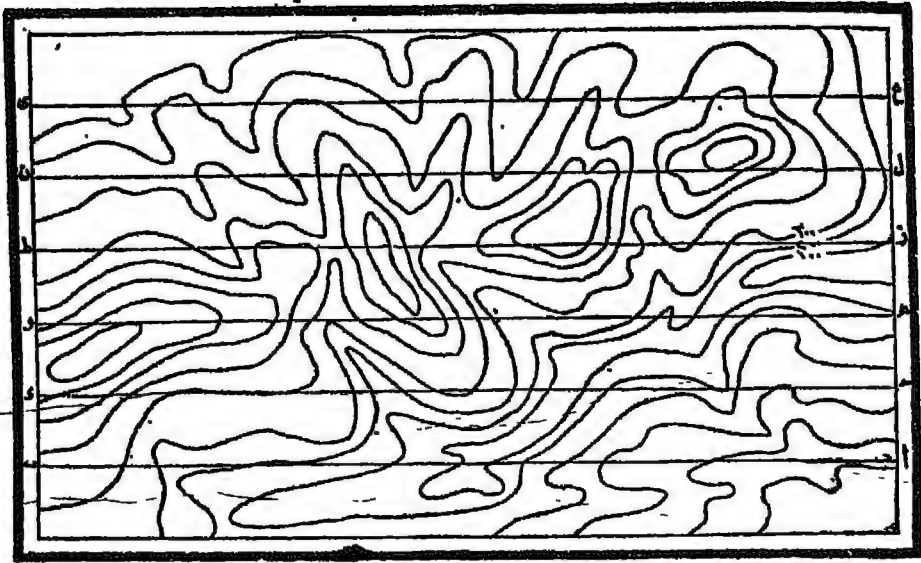
( ز ) نستمر في هذه العملية حتى نهاية النهر .

( ط ) نوصل بين هذه النقاط بخط منحنى فنحصل في النهاية على القطاع الطولى للنهر . وفى الطرق والسكك الحديدية تتبع نفس الطريقة أى لا بد من إنشاء قطاع طولى للمنطقة التى سيخترقها الطريق قبل إنشاء الطريق نفسه ، ثم يتم إنشاء خط حذف وإضافة Cut and Fill line لمعرفة الفرق بين المناطق المرتفعة والمنخفضة . فإذا كانت المناطق المرتفعة مساوية للمناطق المنخفضة أنشئ الطريق وإلا حددت المواضع الواجب إنشاء بعض الكبارى عندها .

٥ - القطاعات المتداخلة : Superimposed profiles

لرسم القطاعات المتداخلة تتبع الخطوات الآتية :

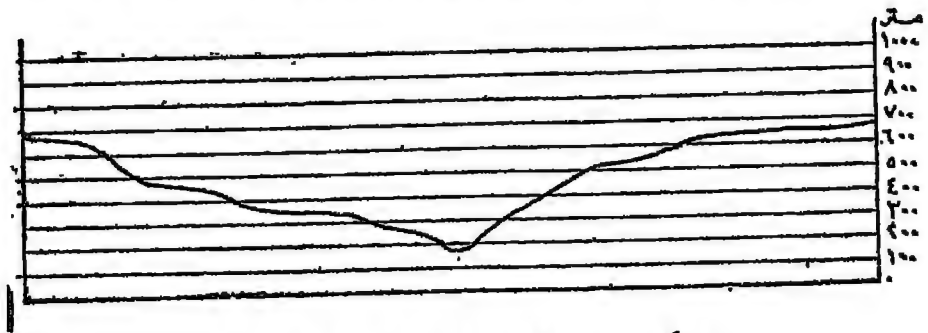
الشكل ( ١٣٦ ) يبين خريطة كنتورية بفواصل رأسى قدره مائة متر وأقصى ارتفاع يبلغ ١٠٠٠ متر . والمطلوب رسم مجموعة من القطاعات المتداخلة لهذه الخريطة .



( شكل ١٣٦ )

(١) نقسم الخريطة إلى أقسام متساوية بواسطة خطوط مستقيمة موازية لبعضها قاطعة للخطوط الكنتورية المختلفة الارتفاع مثل الخطوط : ا ب ، ح د ، هـ و ، ز ط ، ل ن ، ع ي .

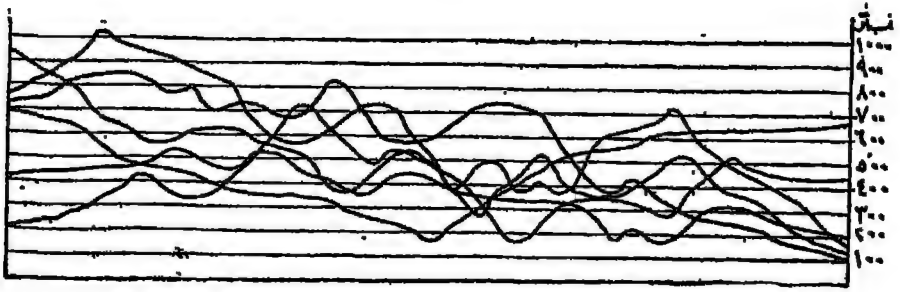
(ب) نرسم قطاعاً تضاريسياً على طول كل خط من هذه الخطوط المستقيمة ( خطوط القطاعات ) . فمثلاً الشكل (١٣٧) يوضح قطاعاً تضاريسياً للخط الأول أى للخط ( ا ب ) .



( شكل ١٣٧ ) قطاع تضاريسى على طول الخط ا ب

( ح ) بنفس الطريقة نرسم قطاعات تضاريسية لبقية الخطوط القاطعة ، أى أن يصبح لدينا في هذه الخريطة ستة قطاعات .

( د ) نطبق هذه القطاعات فوق بعضها بتوحيد خط القاعدة لها جميعها ، فنحصل على مجموعة القطاعات المتداخلة للخريطة والتي يوضحها الشكل ( ١٣٨ ) .



(شكل ١٣٨)

( هـ ) يلاحظ في هذه الطريقة أن الأجزاء المرتفعة من القطاع الأول لا تخفى الأجزاء المنخفضة للقطاعات التي تليه . ومن ثم فإن هذه القطاعات تعطينا صورة لكل أجزاء سطح الأرض التي تمر بها خطوط القطاعات ، كما لو كانت أجزاء سطح الأرض بهذه المنطقة تتصف بالشفافية .

( و ) تعطينا هذه الطريقة صورة من علاقة مستوى سطح الأرض بمستوى القاعدة ، كما يمكن تفسير هذه القطاعات تفسيراً صحيحاً إذا ما وضعت عليها التكوينات الجيولوجية . كما تتميز هذه الطريقة بأنها لا تظهر الأجزاء المنخفضة من سطح الأرض أى بطون الأودية .

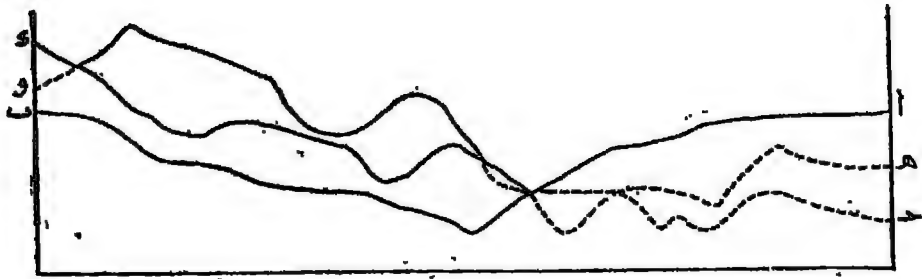
#### ٦ - القطاعات البانورامية: Projected profiles

من الميوب الأساسية في القطاعات المتداخلة أنها تعطينا مجموعة من القطاعات المقعدة ليس من السهل تفسيرها . ولكن يمكن الاستفادة بنفس فكرة القطاعات المتداخلة في رسم قطاعات تعطينا إحساساً بالمنظر العام للأرض Panoramic effect . وطريقة إنشاء هذه القطاعات كما يلي :-

( ١ ) لرسم القطاعات البانورامية للشكل ( ١٣٦ ) فإننا نرسم قطاعاً تضاريسياً على طول الخط ( ١ ب ) على أساس أنه أول خط يواجه الناظر من هذه الاتجاه .

( ب ) ثم نرسم بعد ذلك قطاعاً تضاريسياً للخط الثانى ( ح د ) ، ولا نظهر منه سوى المناطق التي يزيد ارتفاعها عن خط القطاع الأول ( ١ ب ) . فن الشكل ( ١٣٩ ) نلاحظ أن الجزء المنخفض من القطاع الثانى يتم رسمه بشكل مجزء ومن ثم فهو لن يظهر في الشكل النهائى للبانوراما .

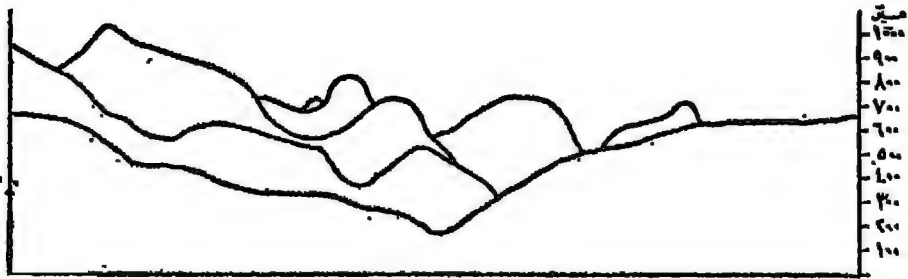




( شكل ١٣٩ )

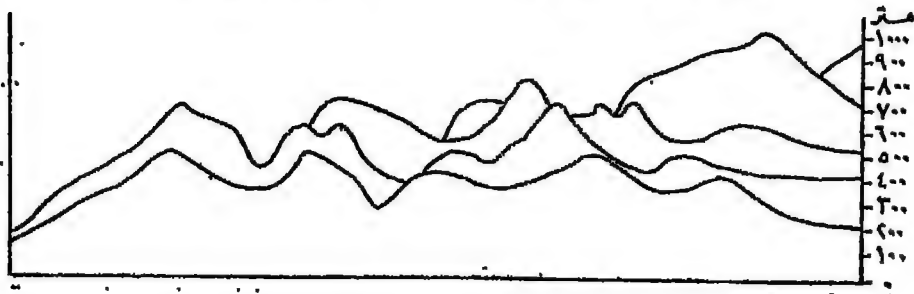
(ح) نرسم بعد ذلك قطاعاً تضاريسياً للخط الثالث (هـ و)، ولا تظهر منه سوى المناطق التي يزيد ارتفاعها عن القطاعين السابقين .

(د) بنفس الطريقة نوالى رسم القطاعات التضاريسية الستة مع حذف المناطق التي تنخفض عن القطاعات السابقة ، فنحصل في النهاية على شكل المنطقة كما ينظر إليها القارى\* من هذا الاتجاه كما في ( الشكل ١٤٠ ) .



( شكل ١٤٠ )

(هـ) يمكن أن يتغير منظر البانوراما لو تغيرت الزاوية التي ينظر منها القارىء . فالشكل ( ١٤١ ) يوضح لنا منظر سطح من الجهة المقابلة أى كما ينظر إليه قارى\* الخريطة باعتبار أن الخط (ى ع) هو أول قطاع تضاريسى يظهر كاملاً ثم الخط ( ن ل ) الذى تظهر

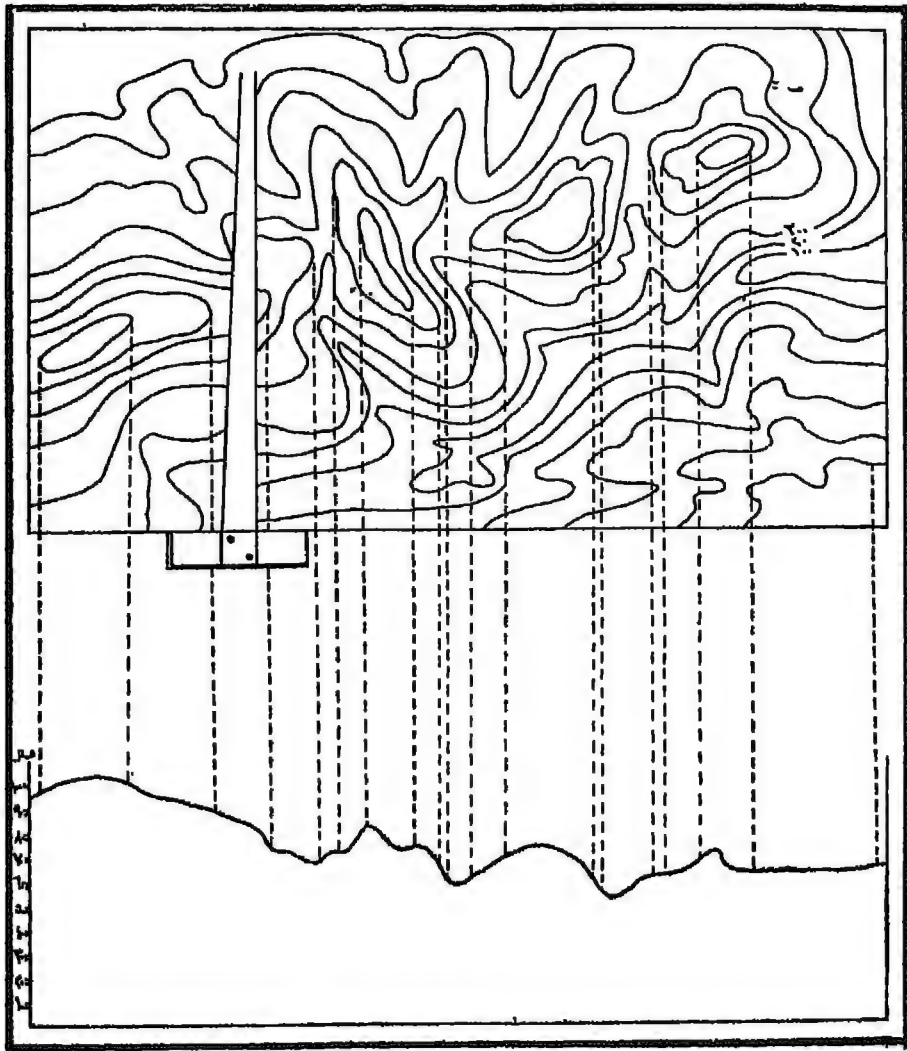


( شكل ١٤١ )



(١) نستخدم مسطرة حرف T أو مثلثاً قائم الزاوية ونحركه على حافة الخريطة ليصنع خطوطاً رأسية على طول الخريطة نفسها .

(ب) نحدد النقط التي تلتقي فيها المسطرة مع أعلى ارتفاع تقابله . ففي الشكل ( ١٤٣ ) نجد أن المسطرة تقابل عند حافة الخريطة اليميني خط كنتور ٧٠٠ متر ، فنقيم خطاً مستقيماً عند هذا الارتفاع ويمتد هذا الارتفاع في هذا الاتجاه الرأسى هو أعلى ارتفاع ، لأننا لو وصلنا هذا الخط إل نهاية الخريطة فإنه لن يقابل سوى ارتفاعات أقل من ٧٠٠ متر .



( شكل ١٤٣ )

طريقة إنشاء القطاعات المركبة

(ح) نحرك المسطرة على طول الحافة السفلى للخريطة حتى تلتقي بارتفاع كبير آخر فيجدها تلتقي دائماً على طول محور حركتها هذا بخط كنتور ٧٠٠ متر إلى أن نضل إلى خط كنتور ٧٠٠ متر الموجود في أعلى الخريطة، ثم يليه نفس الخط، فكون المنطقة المحصورة بينها أعلى من ٧٠٠ متر.

(د) ثم نحرك المسطرة على نفس الحافة حتى تلتقي بخط ٦٠٠ متر وهو أعلى منسوب في هذا الاتجاه فنقيم من هذا المنسوب إلى حافة الخريطة خطاً مستقيماً.

(هـ) نستمر في تحريك المسطرة وإسقاط أعمدة رأسية من أعلى نقط تقابلها المسطرة على حافة الخريطة.

(و) عند كل هذه الخطوط الرأسية على استقامتها نحو خط القطاع، وينتهي كل خط منها عند الارتفاع الخاص به والذي يوضحه المحور الرأسى للقطاع.

(ز) نوصل نهايات هذه الخطوط ببعضها فنحصل على القطاع المركب الذي يوضح لنا قم سطح الأرض في المنطقة التي تمثلها الخريطة.

ومن دراسة هذا القطاع نلاحظ أن الخط يتخذ في جهته اليسرى شكلاً مجعداً بينما كان يظهر في الشكل (١٤٢) على هيئة مقعرة. والسبب في هذا التغير هو أن خط القطاع (هـ و) كان يسير في الحالة الأولى موازياً لخط الكنتور فلم تظهر المنطقة مسطحة على غير حقيقتها فحسب بل ظهرت مقعرة وهذا هو السبب في تفصيل هذه الطريقة في رسم القطاعات المركبة، فضلاً عن أنها تعطينا من رسم القطاعات المتداخلة كلها ثم أخذ قممها فقط.

### استعمال المنحنيات البيانية في تحليل الخرائط الكنتورية

يمكن الاستعانة بالمنحنيات البيانية في معرفة العلاقة بين المساحة من ناحية وبين الارتفاع من ناحية أخرى. وحيث أن الارتفاعات توضحها لنا الخريطة الكنتورية فإن الدارس يمكنه معرفة المساحات بإحدى الطرق التي سبق لنا شرحها، والتي أفضلها في حالتنا هذه جهاز البلاينيتر. (انظر الفصل الثاني).

والمنحنى البياني عبارة عن خط يرسم بطريقة معينة لتوضيح العلاقة بين ظاهرتين متغيرتين، وبواسطته نستطيع أن نرى بسهولة كيف تتغير إحدى الظاهرتين مع الأخرى أو تبعاً لها.

وبتطبيق طريقة المنحنيات البيانية على الخرائط الكنتورية لمعرفة العلاقة التي تربط بين المساحة والارتفاع أو بين الارتفاع والانحدار، فإننا نحصل على ثلاثة أنواع رئيسية من المنحنيات:

• المنحنى التكرارى التجميع : Cumulative Frequency Curve

يستخدم المنحنى التكرارى التجميع [ وهو يعرف أيضاً باسم المنحنى الهبسوجرافى Hypsographic أو المنحنى الهبسومتري Hypsometric ] فى توضيح النسبة Proportion بين مساحة سطح الأرض فى المنطقة التى توضحها الخريطة الكنتورية وبين ارتفاع سطح الأرض فى نفس المنطقة .

طريقة رسم المنحنى التجميع :

١ — نحضر الخريطة المطلوب عمل المنحنى الهبسوجرافى لها ، وهى توضح الارتفاعات بالطبع ، فتتولى نحن إيجاد مقدار المساحة بين كل خطى كنتور متتاليين . فإذا فرضنا أن الخريطة التى لدينا لإحدى الجزر فإن مجموع هذه المساحات هو عبارة عن المساحة الإجمالية للجزيرة .

٢ — ننسب المساحة المحصورة بين كل كنتورين متتابعين إلى المساحة الإجمالية للمنطقة فلو فرضنا وكانت مساحة المنطقة ٦٠٠٠ كم<sup>٢</sup> وكانت مساحة المنطقة المحصورة بين مستوى سطح البحر وبين خط كنتور ١٠٠ متر هى ٤٥٠٠ كم<sup>٢</sup> ، إذن نسبة هذه المساحة إلى

$$\text{المساحة الكلية} = \frac{١٠٠ \times ٤٥٠٠}{٦٠٠٠} = ٧٥\% \text{ وهكذا}$$

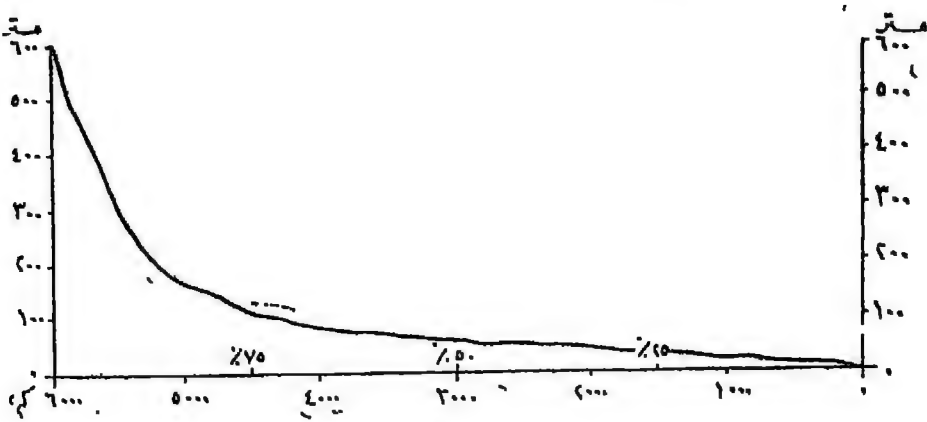
٣ — نأخذ ورقة رسم ويفضل أن تكون ورقة مربعات عادية ونرسم عليها محورين متعامدين : ونأخذ المساحات على المحور الأفقى ، فإذا كانت جملة المساحة كما ذكرنا تبلغ ٦٠٠٠ كم<sup>٢</sup> ، فإننا نقسم هذا المحور إلى ستة أجزاء متساوية يمثل كل منها ١٠٠٠ كم<sup>٢</sup> وهى فى مجموعها تمثل ١٠٠٪ من جملة المساحة . فيمكن أن نبين المساحة والنسبة المثوية على هذا المحور أيضاً فتكون المساحة المحصورة بين بداية هذا المحور والنقطة التى تحدد مساحة ٤٥٠٠ كم<sup>٢</sup> هى نفسها المسافة التى تحدد ٧٥٪ من جملة المساحة .

أما المحور الرأسى فإننا نقيس عليه مسافات متساوية تمثل الارتفاعات الموجودة لدينا فى

الخريطة الكنتورية . فإذا كان أقصى ارتفاع لدينا في هذه الجزيرة هو ٦٠٠ متر فإننا نقسم المحور الرأسى إلى ستة أقسام طول كل قسم منها يمثل ١٠٠ متر .

٤ - نوقع نسب المساحات المحصورة بين كل خطى كفتور متتابعين أمام الارتفاع الخاص بها ، أى أننا لو أقننا عموداً على المحور الأفقى أمام هذه النسبة ، ثم رسمنا من على المحور الرأسى أمام الارتفاع الأول وليكن ١٠٠ متر مثلاً خطاً يوازى المحور الأفقى فيقابل العمود السابق ذكره فى نقطة معينة ، فإن هذه النقطة تدل فى آن واحد على النسبة وعلى الارتفاع . وهكذا نواصل العمل حتى يتم توقيع جميع النسب أمام الارتفاعات الخاصة بها .

٥ - نوصل بين النقط السابق توقيعها بمنحنى ممهد Smooth curve فيكون هذا هو المنحنى المقصود بالمنحنى الهبسوجرافى .



( شكل ١٤٤ ) المنحنى التجميع

٦ - يحسن أن يكون الخط البيانى الهبسوجرافى واقعاً بالقرب من المحورين ما أمكن حتى تسهل مقارنة مواقع النقط عليه بالتدرج على كل منهما . لهذا يجب أن نختار مقياس الرسم على المحورين مناسبين للبيانات التى لدينا ، وليس من الضرورى أن يكون المقياسان على المحورين متساويين ، بل من المستحيل أن يكونا كذلك .

٧ -- الشكل الذى يأخذه المنحنى الهبسوجرافى صعوداً وهبوطاً يتغير تبعاً لمقياس الرسم على كل من المحورين . فإذا كان مقياس الرسم على المحور الرأسى كبيراً بالنسبة للمقياس على المحور الأفقى ، فإن أى زيادة طفيفة فى الارتفاع تسبب ارتفاعاً نسبياً فى المنحنى البيانى ، ومن ثم تظهر الذبذبات فى المنحنى عنيفة . أما إذا كان المقياس الرأسى صغيراً فإنه يضعف من

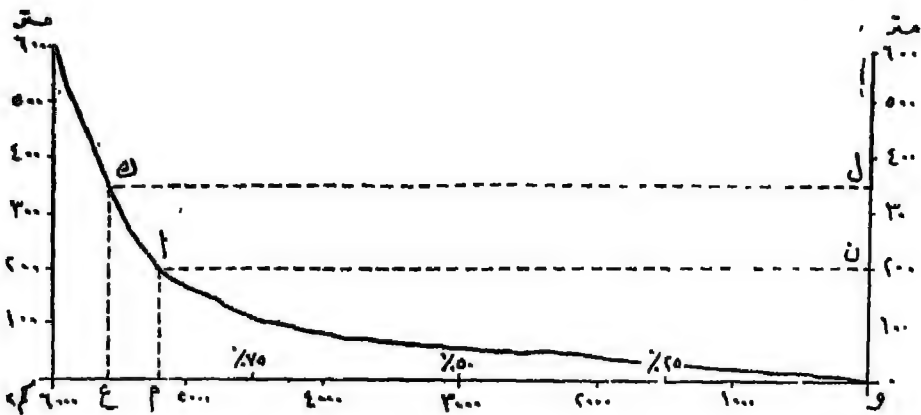
حدة التنيرات التي تطرأ على الارتفاع ، ويحمل على تمهيد المنحنى وإظهاره خالياً من الذبذبات  
الضئيلة .

### نقط المنحنى الهيسوجرافي ومعنى إحداثياتها :

إذا أخذنا أية نقطة مثل (ا) على المنحنى وأسقطنا منها عمودين على المحورين : (م) على  
المحور الأفقى ، (ان) على المحور الرأسى مثلاً ، فإن المسافة (م و) تمثل مساحة معينة (٥٢٠٠ كم<sup>٢</sup>)  
أما المسافة (ون) فإنها تمثل ارتفاعاً معيناً (٢٠٠ متر) أى أن المناطق المحصورة تحت  
هذا الارتفاع يبلغ مساحتها ٥٢٠٠ كم<sup>٢</sup> أو ٨٦٦ ٪ من جملة المساحة .

هكذا لو أخذنا أية نقطة على المحور الرأسى مثل نقطة (ل) على ارتفاع ٣٥٠ متراً  
وأقمنا منها عموداً على المحور الرأسى ليقابل المنحنى فى نقطة (ك) مثلاً ، فإن البعد (ع و) =  
ل (ك) مقيساً على المحور الأفقى ويمثل جملة المساحة المحصورة تحت الارتفاع الذى تحدده المسافة  
« ول » (٣٥٠ متراً) وهو ٥٦٠٠ كم<sup>٢</sup> أى ٩٣٣ ٪ من جملة المساحة .

ويجب أن يتم قياس المساحات بدقة متناهية ، لأن أى خطأ مهما كانت بساطته يعطى  
نتيجة مغالطة للواقع ، لذلك يجب أخذ القياسات عدة مرات لا تقل عن ثلاث مرات  
ثم أخذ متوسط هذه القياسات .



( شكل ١٤٥ ) معنى إحداثيات المنحنى الهيسوجرافي

فضلاً عن هذا فإن كبر المساحة بين كل كتورتين متتاليتين لا يعنى استواء سطح  
الأرض لأن هذا الكبر قد يكون نتيجة لطول المنطقة وليس لعمقها .

وأخيراً فإنه قد توجد بعض أجزاء مستوية من سطح الأرض ولكنها لا تظهر على حقيقتها في المنحنى المهبسوجرافي ، إما لأنها تقع بين كنتورين وإجمالها مع المساحة الكلية للجزء المحصور بين هذين الكنتورين لا يظهرها على المنحنى ، وإما لصغر مساحتها فيظهرها الخط البياني على أنها أراض منحدره .

### ثانياً) المنحنى الكليوجرافي : Clinographic Curve .

يستخدم المنحنى الكليوجرافي في تمثيل متوسط الانحدار Average gradient بين كل خطي كنتور متتابعين . لأن المنحنى المهبسوجرافي السابق لا يوضحها بطريقة رقمية محددة ، فضلاً عن أن المنحنى الكليوجرافي لا ينفصل لتمثيل التغيرات الصغيرة أو تلك التي كان لا يظهرها المنحنى السابق لصغر مساحتها فيوضحها على شكل أراض منحدره وهي في الحقيقة مستوية السطح .

ولمعرفة درجة الانحدار بين كل كنتورين متتاليين في خريطة كنتورية لجزيرة مثلاً فإننا نجرى الآتي :

١ — نقيس المساحة التي يحددها خط كنتور صفر ، أي أننا سنحصل على جملة مساحة الجزيرة .

٢ — نقيس المساحة التي يحددها خط كنتور ١٠٠ متر ، فيكون الفرق بين هاتين المساحتين هو مقدار المساحة بين هذين الكنتورين .

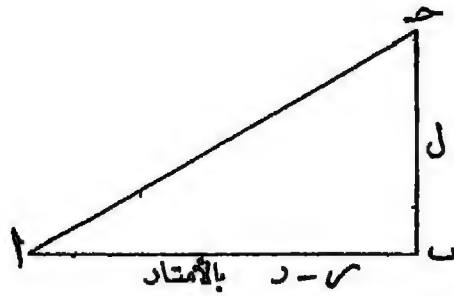
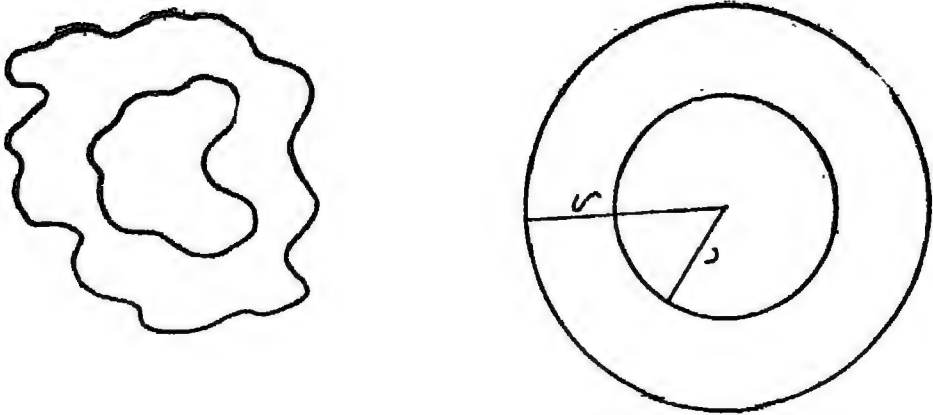
٣ — نحول هذه المساحات إلى دوائر منتظمة الشكل . فلو فرض وكانت المساحة التي يحددها خط كنتور صفر تبلغ ٣٦٧,٦ سم<sup>٢</sup> ، وتلك التي يحددها خط كنتور ١٠٠ متر تبلغ ٣٤٢,٦ سم<sup>٢</sup> ، فإن نصف قطر الدائرتين على الترتيب يكون ١٠٨١,٥ سم ، ١٠٤٤,٢ سم . فنرسم دائرتين بنصفي القطر السابقين .

٤ — توجد أطوال أنصاف الأقطار السابقة بالأمطار تبعاً لمقياس الرسم المستخدم . فلو كان مقياس الرسم لهذه الجزيرة هو ١/١٠٠,٠٠٠ فإن نصف قطر المساحة الأولى يبلغ ١٠٨١,٥ متراً ، ونصف قطر الدائرة الثانية يبلغ ١٠٤٤,٢ متراً .

٥ — بتحويل العلاقة بين الدائرتين المذكورتين إلى مثلث قائم الزاوية يصبح الضلع (ب) ممثلاً للفرق بين نصفي القطر ، ويصبح الضلع (ب) ممثلاً للفاصل الرأسي بالخريطة ، فتكون الزاوية



(ب ا ح) هي زاوية الانحدار - ويمكن مرفقتها عن طريق تطبيق قانون الظلال على النحو التالي :



(شكل ١٤٦) فكرة المنحنى الكليولوجرافي

$$\frac{\text{المقابل}}{\text{المجاور}} = \text{ظل الزاوية}$$

$$\frac{ل}{ر - ر} =$$

حيث أن ل هي الفاصل الرأسى بين خطوط الكتور.

ر نصف قطر الدائرة الكبرى .

ر » » » المنفرى .

وبتطبيق هذه الصيغة على الجزيرة المذكورة نجد أن :

$$\frac{100}{10442 - 10815} = \text{ظل الزاوية}$$

$$\frac{100}{373} =$$

$$= 0.2679$$

وبالبحث في جدول الظلال نجد أن الزاوية  $= 15^\circ$

أى أن درجة انحدار سطح الأرض بين مستوى سطح البحر وخط المنسوب ١٠٠ متر تبلغ  $15^\circ$ .

٦ - بنفس الطريقة السابقة نوجد درجة الانحدار بين خط الكنتور ١٠٠ متر وبين خط المنسوب ٢٠٠ متر الذى يليه . فبالنسبة للمساحة التى يحدها خط الكنتور ١٠٠ متر فقد سبق لنا قياسها وبلغت ٣٤٢ و ٦ سم<sup>٢</sup> ، فنقيس المساحة التى يحدها خط الكنتور ٢٠٠ متر ولتكن ٣٢٨ و ٧ سم<sup>٢</sup>.

إذن نصفى قطر هاتين الدائرتين يبلغ ١٠٤٤٢ و ١٠ سم ، ١٠٢٢٨ و ١٠ سم على الترتيب ، أى ١٠٤٤٢ مترأ ، ١٠٢٢٨ مترأ تبعاً لنفس مقياس الرسم ١/١٠٠٠٠٠ و ١٠٠٠٠٠ .

٧ - بتطبيق قاعدة الظلال نجد أن :

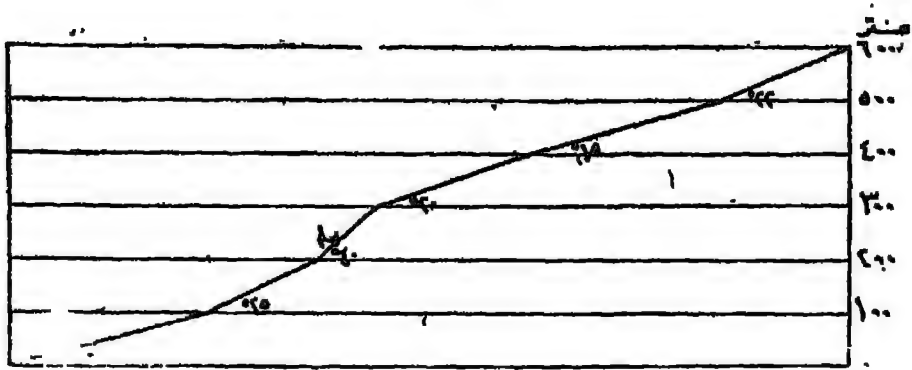
$$\frac{L}{r - r} = \text{ظل الزاوية}$$

$$\frac{100}{10228 - 10442} =$$

$$\frac{100}{214} =$$

$$= 0.4663$$

∴ زاوية الانحدار  $= 25^\circ$



( شكل ١٤٧ ) المنحنى الكليولوجرافى

٨ - وهكذا نستمر فى إيجاد درجة الانحدار بين كل خطى كنتور متتاليين، ولنفرض أنها بلغت ابتداء من مستوى سطح البحر إلى خط ٦٠٠ متر وهو أقصى ارتفاع فى الجزيرة - الدرجات الآتية : ١٥° - ٢٥° - ٤٠° - ٢٠° - ٢٢° .

٩ - نرسم محورين متعامدين : محوراً أفقياً يمثل مستوى سطح البحر ، ومحوراً رأسياً يمثل الارتفاعات التى توضحها الخريطة الكنتورية أى ١٠٠ - ٢٠٠ ..... ٦٠٠ متر

١٠ - نبدأ المنحنى الكليولوجرافى بأن نستخدم « النقطة » فى قياس زاوية تبلغ ١٥° عند مستوى سطح البحر على المحور الأفقى وعند هذا الخط على استقامته حتى يلتقى بالخط الأفقى الذى يمثل الارتفاع ١٠٠ متر . فنبدأ من هذه النقطة قياس الزاوية الثانية وهى ٢٥° وعند الخط على استقامته حتى يلتقى بالنسرب ٣٠٠ متر . وهكذا إلى أن نصل إلى ارتفاع ٦٠٠ متر . ويوضح الشكل ( ١٤٧ ) المنحنى الكليولوجرافى لهذه الجزيرة .

١١ - يمكن أن نطبق معادلة رياضية واحدة توفر علينا بمض العمليات الحسابية وهى :

$$\frac{ل \sqrt{ط}}{\sqrt{ص - ١} \sqrt{ط}} = \text{ظل الزاوية}$$

حيث أن ل = الفاصل الرأسى بين خطوط الكنتور .

ط = النسبة التقريبية ( ١٦١٦ أو ٣ أو ٢٢/٧ ) .

ص = مساحة الأرض المحصورة بأى خط كنتور .

$$= ٢٣٤ -$$

٦ ب = مساحة الأرض المحصورة بالكتور الذى يماو الكتور الذى  
يحصر المساحة « ا » .

٦ س = مقياس رسم الخريطة .

و بتطبيق هذه المعادلة على المثال السابق الذى يبين الأرقام التالية :

$$ل = ١٠٠ متر \quad ٦ ا = ١ \quad ٦ س = ٣٦٧,٦ سم^٢$$

$$ب = ٣٤٢,٦ سم^٢ \quad ٦ س = ١٠٠٠٠٠$$

$$\therefore \text{ظل الزاوية} = \frac{٣,١٤١٦ \sqrt{\times ١٠٠}}{١٠٠٠٠٠ \times \sqrt{٣٤٢,٦} - \sqrt{٣٦٧,٦}}$$

$$= \frac{١٧٧,٢٣ \times ١٠٠}{١٠٠٠٠٠ \times ١٨,٥٠٩ - ١٩,١٧٣}$$

$$= ٠,٢٦٧٩$$

$$\therefore \text{الزاوية} = ١٥^\circ$$

وبنفس الطريقة نجد أن الزاوية الثانية:

$$\text{ظل الزاوية الثانية} = \frac{٣,١٤١٦ \sqrt{\times ١٠٠}}{١٠٠٠٠٠ \times \sqrt{٣٢٨,٧} - \sqrt{٣٤٢,٦}}$$

$$= \frac{١٧٧,٢٣ \times ١٠٠}{١٠٠٠٠٠ \times ١٨,١٣٠ - ١٨,٥٠٩}$$

$$= \frac{١٧٧٢٣}{١٠٠٠٠٠ \times ٠,٣٧٩}$$

$$= ٠,٤٦٦٣$$

$$\therefore \text{الزاوية} = ٢٥^\circ$$

وهذه هى نفس النتائج السابقة . ويمكن أن نواصل العمل بنفس الطريقة .

١٢ — يمكن أن نضع الأرقام التى نحصل عليها باستخدام المعادلة المبينة فى البند

السابق في جدول يسهل علينا العمل وبواسطته يمكن أن نستعين بالعمود الأخير منه في رسم المنحنى الكليولوجرافي على النحو التالي :

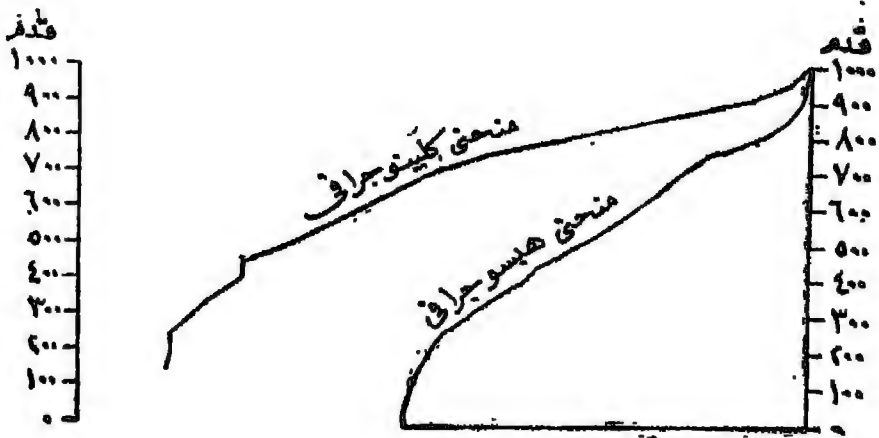
الارتفاع بالمتر	المساحة بالسنتيمتر المربع	$\overline{17}$	$\overline{17} - \overline{16}$	ظا الزاوية $\overline{16}$	الزاوية	
					درجة	دقيقة
صفر	٣٦٧٨٦	١٩,١٧٣	٠,٦٦٤	٠,٢٦٧٩	١٥	٠٠
١٠٠	٣٤٢٨٦	١٨,٥٠٩	٠,٣٧٩	٠,٤٦٦٣	٢٥	٠٠
٢٠٠	٣٢٨٨٧	١٨,١٣٠	٠,٠٠٠	٠,٠٠٠٠	٠٠	٠٠
٣٠٠	٠,٠٠٠٠	٠,٠٠٠٠	٠,٠٠٠٠	٠,٠٠٠٠	٠٠	٠٠
٤٠٠	٠,٠٠٠٠	٠,٠٠٠٠	٠,٠٠٠٠	٠,٠٠٠٠	٠٠	٠٠
٥٠٠	٠,٠٠٠٠	٠,٠٠٠٠	٠,٠٠٠٠	٠,٠٠٠٠	٠٠	٠٠
٦٠٠	٠,٠٠٠٠	٠,٠٠٠٠	٠,٠٠٠٠	٠,٠٠٠٠	٠٠	٠٠

١٣ — من المفيد جداً أن نجمع بين المنحنى المهبسوجرافي والمنحنى الكليولوجرافي في شكل بياني واحد وذلك المقارنة بينهما فإن الأول منهما سيوضح المساحة التي يحصرها تحته كل خط كنتور موضح على الخريطة ، بينما يبرز المنحنى الثاني درجة الانحدار بين كل خطي كنتور متتابعين .

وقد قام أحد الباحثين بالاستفادة إلى أقصى حد ممكن من فكرة الجمع بين المنحنى المهبسوجرافي والمنحنى الكليولوجرافي في شكل بياني واحد . ويوضح الشكل ( ١٤٨ ) شكلاً يجمع بين هذين المنحنيين لمنطقة في شمال كورنول

كما قام دينهام ( F.Debenham ) برسم منحنى كليولوجرافي ولكن بقياس الانحدارات بين كل خطي كنتور متتاليين جاءت نتيجة لما قام به فقد قام بقياس طول كل خط كنتور على الخريطة ، ووقع هذه الأطوال على المقياس الأفقي تبعاً لارتفاعها عن سطح البحر .

فإذا كان طول خط كنتور ١٠٠ متر يبعد عن المحور الرأسي تبعاً لمقياس الرسم الذي استخدمه الباحث بمقدار ٧ سم مثلاً قام بوضع علامة عند منسوب ١٠٠ متر تبعد عن المحور الرأسي ٧ سم . ثم يقيس خط السكتور التالي ، فإذا وجد طوله ٥ سم . مثلاً ، قام بوضع علامة



( شكل ١٤٨ )

رسم يبيّن يجمع بين المنحنى الكليتوجرافي والمنحنى الهيسوجرافي في شكل واحد عند منسوب ٢٠٠ متر تبعد عن المحور الرأسى بمقدار ١٢ سم ( ٧ + ٥ ) . ثم يقيس الخط الثالث ، فإذا وجد أن طوله تبعاً لمقياس الرسم هو ٤ سم مثلاً ، قام بوضع علامة عند منسوب ٣٠٠ متر تبعد عن المحور الرأسى بمقدار ١٦ سم ( ٧ + ٥ + ٤ ) وهكذا . ثم يقوم بتوصيل هذه العلامات بخطوط مستقيمة تقطع السطوح الأفقية الدالة على مناسيب ارتفاعها بزوايا هي عبارة عن زوايا الانحدار .

أى أنه لا يبدأ بقياس درجات الانحدار بإجراء العمليات الحسابية التي شرحناها ، بل يقيس أطوال خطوط الكنتور باستخدام عجلة القياس ، ثم من توقيع تلك الأطوال على الرسم البياني يحصل على درجات الانحدار .

وبالطبع فهذه طريقة سريعة وسهلة وإن كانت الطرق الحسابية أدق منها .

#### ( ثالثاً ) المنحنى الأليمتري : Altimetric Frequency Graph

يستخدم المنحنى الأليمتري كثيراً من أغراض الدراسة الجيومورفولوجية لا سيما تلك التي تتعلق بالنحت والتعرية ، وربط المناطق التي تعرضت لمثل هذه العوامل ببعضها في محاولة لدراسة أسباب هذه الظواهر والتطورات التي طرأت عليها .

وتتلخص طريقة إنشاء هذا المنحنى كما يلي : —

نرسم محورين أساسيين في الشكل : محوراً أفقياً نوقع عليه الارتفاعات فوق سطح البحر ،



## قياس الانحدارات

توضح الخريطة السكتوية جوانب هامة من سطح الأرض ، ولكنها في نفس الوقت لا تبين لنا إلا ارتفاع بعض المناطق عن بعضها الآخر أو انخفاضها بالنسبة لما يجاورها من المناطق . ولكن الجغرافى يهتم بظواهر أخرى فى اللاندسكيپ الطبيعى ، لا سيما انحدار سطح الأرض، سواء فى درجة هذا الانحدار أو فى التغيرات التى تطرأ عليه ، وكذلك متوسط ارتفاع سطح الأرض والمستويات الأرضية Surface-levels والأرصفة الأرضية Platforms والانكسارات والحافات وما شابهها من الظواهر الطبيعية .

كما أن معرفة الارتفاع الدقيق لنقطة معينة فوق سطح البحر قد يكون فى بعض الأحيان أقل أهمية من معرفة العلاقة بين هذه المنطقة وما يجاورها من مناطق . فدراسة انحدار سطح الأرض فى مجموعة من القطاعات تفيد الجغرافيين عامة والجيومورفولوجيين خاصة وذلك فى تحليل كثير من الظواهر التى تمجز الخرائط عن توضيحها . كما تمكننا تلك التحاليل من معرفة التغيرات التى طرأت على الأشكال الأرضية إلى أن وصلت بها إلى وضعها الحالى .

وقد كانت عملية حساب معدل انحدار Average Gradient سطح الأرض وتمثيله على الخرائط محل اهتمام كثير من الدراسات، لا سيما من جانب علماء الجيومورفولوجيا فى الولايات المتحدة . وعملية حساب معدل الانحدار عملية سهلة نسبياً، إلا أن تمثيل هذا المعدل على خرائط للوصول إلى أنماط متميزة تساعدنا على تحليل ظواهر سطح الأرض هو الشيء الأكثر تعقيداً .

### طريقة حساب انحدار سطح الأرض :

إذا كان عندنا تقطعتان على سطح تل وأسقطناهما على سطح أفقى كخريطة مثلاً، فإن المسافة بينهما تعرف بالمسافة الأفقية Horizontal Equivalent والفرق الرأسى بين النقطتين يعرف باسم الفاصل الرأسى Vertical Interval .

وعلى هذا يكون الانحدار عبارة عن النسبة بين الفاصل الرأسى والمسافة الأفقية .

$$\text{معدل الانحدار} = \frac{\text{الفاصل الرأسى}}{\text{المسافة الأفقية}}$$



ولكن قبل حل هذه المعادلة لمعرفة معدل الانحدار بين نقطتين، يجب أن نوحّد وحدات القياس في كل من الفاصل الرأسى والمسافة الأفقية . فلو كانت إحداها بالقدم والأخرى بالياردة أو واحدة بالتر والأخرى بالسنتيمتر ، فإننا نقوم بتوحيد وحدات القياس على أساس أن تصبح بالوحدة الصغرى أى أن نحولها إلى القدم أو السنتيمتر .

فإذا كانت المسافة الأفقية بين خطى كنتور في اتجاه معين تبلغ ٢ كم . والفاصل الرأسى لهذه الخريطة هو ١٠٠ متر فإن معدل الانحدار بين خطى الكنتور السابقين =

$$\frac{\text{الفاصل الرأسى}}{\text{المسافة الأفقية}} = \frac{١٠٠ \text{ متر}}{٢ \text{ كيلومتر}}$$

$$\frac{١٠٠ \text{ متر}}{٢٠٠٠ \text{ متر}} =$$

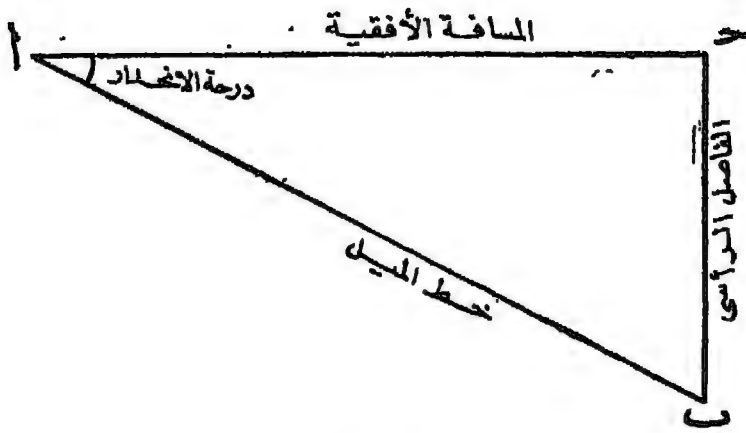
$$\frac{١٠٠}{٢٠٠٠} =$$

$$\therefore \text{الانحدار} = \frac{١}{٢٠}$$

أى أن سطح الأرض ينحدر متراً واحداً كلما تقدمنا ٢٠ متراً .

فانحدار سطح الأرض إذن هو الزاوية المحصورة بين المستوى الأفقى وبين خط الميل Line of slope نفسه . أى أنه يمكننا تحويل معدل الانحدار من كسر عشرينى إلى درجة دقيقة .

والثلث ( ا ب ح ) يمثل عناصر سطح الأرض المذكورة . فالخط ( ا ب ) يمثل خط الميل كما هو على الطبيعة ، ويتم إسقاط هذا الخط على الخريطة على شكل الخط ( ا ح ) الذى يمثل المسافة الأفقية . أما الخط ( ب ح ) فإنه يمثل الفاصل الرأسى بين النقطتين ( ا ) ، ( ب ) فدرجة الانحدار إذن هي الزاوية ( ب ا ح ) . ويمكن معرفة مقدار هذه الزاوية من طريق معرفة ظلها .



(شكل ١٥١)

$$\therefore \text{ظل الزاوية} = \frac{\text{المقابل}}{\text{المجاور}}$$

$$\therefore \text{ظل الزاوية بـ } \angle \alpha = \frac{\text{بـ}}{\text{اـ}}$$

فلو فرض وكان طول الخط اـ (المسافة الأفقية) هو ٦٠ متراً والخط بـ (الفاصل الرأسى) هو ١ متر .

$$\therefore \text{ظل الزاوية بـ } \angle \alpha = \frac{1}{60}$$

$$= 0.0166$$

$$\therefore \text{الزاوية بـ } \angle \alpha = 1^\circ \text{ تقريباً.}$$

أى أن الانحدار بين النقطتين (اـ ، ب) يبلغ درجة واحدة .

وبالمثل إذا كان الانحدار بين النقطتين هو  $\frac{1}{30}$

$$\therefore \text{ظل الزاوية} = 0.0333$$

$$\therefore \text{الزاوية} = 2^\circ \text{ تقريباً.}$$

وبالمثل إذا كان الانحدار بين النقطتين هو  $\frac{1}{20}$

فإن ظل الزاوية = ٠.٠٥٠٠

∴ الزاوية = ٣° تقريباً . وهكذا ...

### طريقة أخرى لحساب انحدار سطح الأرض :

هناك طريقة أسهل من الطريقة السابقة لمعرفة انحدار سطح الأرض بين نقطتين ، وهي تعتمد على نفس المبادئ الرياضية السابقة .

فن العلاقة بين أضلاع المثلث السابق يمكن أن نخرج بمعادلة رياضية بسيطة وهي :

درجة الانحدار × المسافة الأفقية = الفاصل الرأسى × ٦٠

ويمكن التأكد من صحة هذه المعادلة عن طريق تقا- ١ على درجات الانحدار التي توصلنا إليها في الطريقة الأولى في النماذج الثلاثة التي احدها ١ وهي :

درجة الانحدار × المسافة الأفقية = الفاصل الرأسى × ٦٠ .

$$١ \times ٦٠ = ١ \times ٦٠ .$$

$$٢ \times ٣٠ = ١ \times ٦٠ .$$

$$٣ \times ٢٠ = ١ \times ٦٠ .$$

ومن هنا فإن معرفتنا لعنصرين فقط من عناصر المعادلة تمكننا من معرفة العنصر الناقص باعتبار أن الرقم ( ٦٠ ) ثابت لا يتغير . ومن تحليلنا للمعادلة السابقة يمكننا أن نصل إلى ثلاث معادلات أخرى هامة وهي :

$$١ - \text{درجة الانحدار} = \frac{\text{الفاصل الرأسى} \times ٦٠}{\text{المسافة الأفقية}}$$

$$٢ - \text{المسافة الأفقية} = \frac{\text{الفاصل الرأسى} \times ٦٠}{\text{درجة الانحدار}}$$

$$٣ - \text{الفاصل الرأسى} = \frac{\text{درجة الانحدار} \times \text{المسافة الأفقية}}{٦٠}$$

### ملاحظات هامة :

١ — إذا كان الفاصل الرأسى بين خطوط الكنتور ثابتاً ، فإن العلاقة بين المسافة الأفقية ودرجة الانحدار تصبح علاقة عكسية ، أى أن المسافة الأفقية تزيد كلما نقصت درجة الانحدار ، وكما زادت درجة الانحدار قصرت المسافة الأفقية ، ويتضح ذلك من المعادلات الآتية باعتبار أن الفاصل الرأسى هو عشرة أمتار :

$$\text{إذا كانت درجة الانحدار } 2^\circ \text{ فإن المسافة الأفقية} = \frac{60 \times 10}{2} = 300 \text{ متر.}$$

$$\text{وإذا كانت درجة الانحدار } 3^\circ \text{ فإن المسافة الأفقية} = \frac{60 \times 10}{3} = 200 \text{ متر.}$$

$$\text{وإذا كانت درجة الانحدار } 4^\circ \text{ فإن المسافة الأفقية} = \frac{60 \times 10}{4} = 150 \text{ متراً.}$$

$$\text{وإذا كانت درجة الانحدار } 5^\circ \text{ فإن المسافة الأفقية} = \frac{60 \times 10}{5} = 120 \text{ متراً.}$$

وهكذا نجد أن العلاقة بين المسافة الأفقية ودرجة الانحدار علاقة عكسية طالما كان الفاصل الرأسى ثابتاً .

٢ — إذا كان الانحدار فى منطقة ما انحداراً طفيفاً على مدى واسع فإنه يجب أن نقيس الانحدار على طول عدة خطوط أفقية متوازية ، أى فى كل منطقة متشابهة فى انحدارها . ثم نحسب الانحدار عند كل نقطة ، ونأخذ متوسط هذه القياسات فيعطينا هذا المتوسط فكرة دقيقة عن درجة ميل سطح الأرض فى هذه المنطقة .

٣ — إذا كان انحدار سطح الأرض يختلف فى شدته من منطقة لأخرى ، فيجب تقسيم الخريطة إلى أجزاء يتميز كل جزء منها بأنه ذو انحدار واحد . فيكون عندنا مناطق انحدارها ١ : ٣٠ وأخرى ١ : ٤٠ وهكذا . وهذه الطريقة مفيدة فى دراسة تأثير عوامل اللمح والتمرية والفيضانات وغيرها من الظواهر الطبيعية على سطح الأرض .

٤ — عند قياس انحدار سطح الأرض بهدف إنشاء طريق ، فإن الانحدارات تقاس على جانبي الطريق . وفى هذه الحالة يجب أن تكون القياسات من واقع نقط المناسب Spot-heights وليس عن طريق الاستمارة بخطوط الكنتور .

## رسم الخرائط الكنتورية بمعرفة درجة انحدار سطح الأرض

باستخدام المعادلات السابقة يمكننا أن نرسم خريطة كنتورية لأية منطقة محدودة المساحة ومنتظمة الانحدار . وفي هذه الحالة يجب أن نعرف أولا الحقائق التالية :

١ - انحراف الاتجاهات المختلفة للمنطقة ، ونحصل عليها من الطبيعة باستخدام البوصلة المنشورية ونوقعها على الخريطة باستخدام المنقلة

٢ - درجة الانحدار بالنسبة لكل اتجاه ، ونحصل عليها من الطبيعة بواسطة جهاز الكلنوميتر .

٣ - المسافة الأفقية بين كل خطي كنتور متتاليين في كل اتجاه على حدة ، ويمكن تحديدها من واقع المعادلة السابقة وهي أن المسافة الأفقية =  $\frac{\text{الفصل الرأسى} \times ٦٠}{\text{درجة الانحدار}}$

٤ - الفاصل الرأسى الذى يتم تحديده على أساس الفرض من استخدام الخريطة نفسها .

مثال :

انحرافات تل في تسعة اتجاهات هي  $٣٠٠^\circ - ٤٧^\circ - ٩٩^\circ - ١٣٠^\circ - ١٨٢^\circ - ٢٠٧^\circ - ٢٤٩^\circ - ٢٩٣^\circ - ٣٢٥^\circ$  ، ودرجة الانحدار على طول كل اتجاه بنفس الترتيب هي :  $٧^\circ - ٦^\circ - ٨^\circ - ٥^\circ - ٤^\circ - ٥^\circ - ٦^\circ - ٧^\circ - ٨^\circ$  . والمطلوب رسم خريطة كنتورية لهذا التل بمقياس رسم ١/١٠٠٠٠٠ و بفواصل رأسى قدره مائة متر مع ملاحظة أن قمة هذا التل يصل ارتفاعها إلى ٨٠٠ متر وقاعدته إلى ١٠٠ متر .

### خطوات الحل :

- ١ - نضع نقطة في وسط الورقة التى سنرسم عليها الخريطة وتمثل هذه النقطة قمة التل .
- ٢ - نحدد انحرافات كل اتجاه عن اتجاه الشمال ابتداء من النقطة التى وضعناها في منتصف الورقة ، فنرسم انحراف الاتجاه الأول عن الشمال  $٣٦٠^\circ$  أى أنه هو قسمة اتجاه الشمال ، والثانى ينحرف عن الشمال بزاوية مقدارها  $٤٧^\circ$  أى أن هذا الخط ينحرف سوب الشمال الشرق وهكذا .

٣ — نحدد المسافة الأفقية بين كل خطى كنتور في كل اتجاه من الاتجاهات التسعة المذكورة . ولتحديد هذه المسافة نستعرض عناصر المادلة السابقة لنرى أى العناصر متوافر في السؤال وأيهما ناقص ، فالفاصل الرأسى ثابت ومحدد بمائة متر ، ودرجة الانحدار المذكورة بالنسبة لكل اتجاه ورقم ( ٦٠ ) ثابت لا يتغير . وتبقى لدينا المسافة الأفقية ، فنقوم بحسابها بالنسبة لكل اتجاه .

٤ — بعد أن نحصل على المسافة الأفقية نضرب هذه المسافة في عدد خطوط الكنتور لنحصل على طول كل اتجاه في الخريطة . ففي المثال الذى نحن بصدده نجد أن قمة التل ترتفع حتى ٨٠٠ متر وقاعدته تصل إلى ارتفاع ١٠٠ متر ، أى أن الفارق بينهما يبلغ ٨٠٠ - ١٠٠ = ٧٠٠ وبما أن الفاصل الرأسى هو ١٠٠ متر ، إذن عدد خطوط الكنتور

بالخريطة هو  $\frac{٧٠٠}{١٠٠} = ٧$  . فإذا كانت المسافة الأفقية في الاتجاه الأول مثلاً هي ٨٠ سم

فإن طول هذا الاتجاه  $٨٠ \times ٧ = ٥٦٠$  سم . فنرسم الخط الأول بهذا الطول نقسمه إلى سبعة أجزاء طول كل جزء منها ٨٠ سم .

٥ — وتحسب المسافة الأفقية في هذا المثال على النحو التالى :

$$\frac{\text{الفاصل الرأسى} \times ٦٠}{\text{درجة الانحدار}} = \text{المسافة الأفقية}$$

$$\text{المسافة الأفقية في الاتجاه الأول} = \frac{٦٠ \times ١٠٠}{٧} = \frac{٦٠٠٠}{٧} = ٨٥٧ \text{ متراً .}$$

$$\text{المسافة الأفقية في الاتجاه الثانى} = \frac{٦٠ \times ١٠٠}{٦} = \frac{٦٠٠٠}{٦} = ١٠٠٠ \text{ متراً .}$$

$$\text{المسافة الأفقية في الاتجاه الثالث} = \frac{٦٠ \times ١٠٠}{٨} = \frac{٦٠٠٠}{٨} = ٧٥٠ \text{ متراً .}$$

$$\text{المسافة الأفقية في الاتجاه الرابع} = \frac{٦٠ \times ١٠٠}{٥} = \frac{٦٠٠٠}{٥} = ١٢٠٠ \text{ متراً .}$$

$$\text{المسافة الأفقية في الاتجاه الخامس} = \frac{6000}{4} = \frac{60 \times 100}{4} = 1500 \text{ متر.}$$

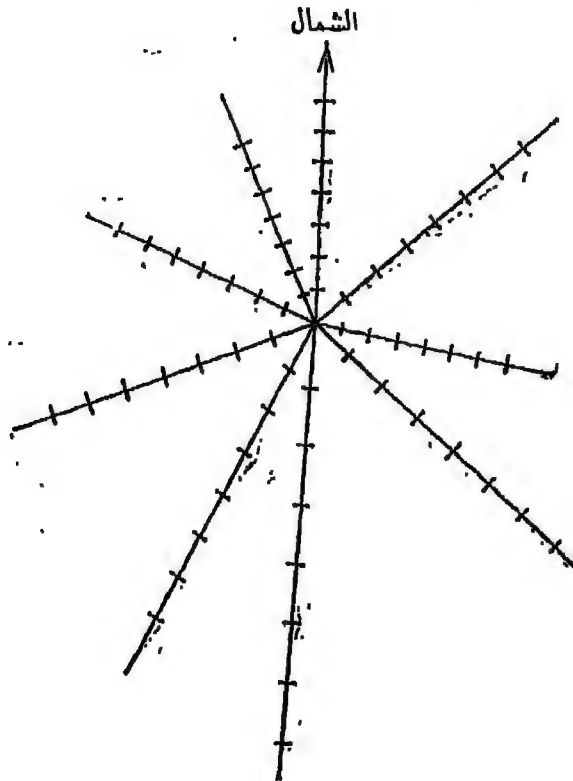
$$\text{المسافة الأفقية في الاتجاه السادس} = \frac{6000}{5} = \frac{60 \times 100}{5} = 1200 \text{ متر.}$$

$$\text{المسافة الأفقية في الاتجاه السابع} = \frac{6000}{6} = \frac{60 \times 100}{6} = 1000 \text{ متر.}$$

$$\text{المسافة الأفقية في الاتجاه الثامن} = \frac{6000}{7} = \frac{60 \times 100}{7} = 857 \text{ مترًا.}$$

$$\text{المسافة الأفقية في الاتجاه التاسع} = \frac{6000}{8} = \frac{60 \times 100}{8} = 750 \text{ مترًا.}$$

وبما أن مقياس رسم الخريطة هو ١ : ١٠٠٠٠٠



شكل (١٥٢)

$$\therefore \text{المسافة الأفقية في الاتجاه الأول} = \frac{٨٥٧٠٠}{١٠٠٠٠٠} = ٨٥٠ \text{ سم}.$$

$$\text{المسافة الأفقية في الاتجاه الثاني} = \frac{١٠٠٠٠}{١٠٠٠٠٠} = ١ \text{ سم}.$$

$$\text{المسافة الأفقية في الاتجاه الثالث} = \frac{٧٥٠٠٠}{١٠٠٠٠٠} = ٧٥٠ \text{ سم}.$$

$$\text{المسافة الأفقية في الاتجاه الرابع} = \frac{١٢٠٠٠٠}{١٠٠٠٠٠} = ١٢٠ \text{ سم}.$$

$$\text{المسافة الأفقية في الاتجاه الخامس} = \frac{١٥٠٠٠٠}{١٠٠٠٠٠} = ١٥٠ \text{ سم}.$$

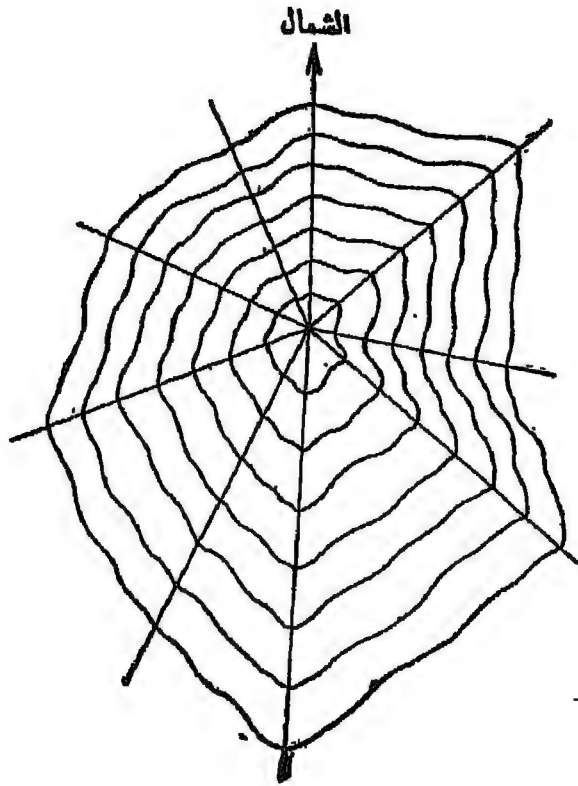
$$\text{المسافة الأفقية في الاتجاه السادس} = \frac{١٢٠٠٠٠}{١٠٠٠٠٠} = ١٢٠ \text{ سم}.$$

$$\text{المسافة الأفقية في الاتجاه السابع} = \frac{١٠٠٠٠٠}{١٠٠٠٠٠} = ١ \text{ سم}.$$

$$\text{المسافة الأفقية في الاتجاه الثامن} = \frac{٨٥٧٠٠}{١٠٠٠٠٠} = ٨٥٠ \text{ سم}.$$

$$\text{المسافة الأفقية في الاتجاه التاسع} = \frac{٧٥٠٠٠}{١٠٠٠٠٠} = ٧٥٠ \text{ سم}.$$





شكل (١٠٣)

٦ - بعد أن حددنا المسافة الأفقية بين كل خطي كنتور في كل اتجاه من الاتجاهات التسعة فإننا نقوم بتحديد طول كل اتجاه على أساس أن هذا الطول عبارة عن حاصل ضرب المسافة الأفقية لكل اتجاه في عدد خطوط الكنتور .

∴ طول الاتجاه الأول =  $٠.٨٥ \times ٧ = ٥.٩$  سم .

» » الثاني =  $١ \times ٧ = ٧$  سم .

» » الثالث =  $٠.٧٥ \times ٧ = ٥.٢$  سم .

» » الرابع =  $١.٢ \times ٧ = ٨.٤$  سم .

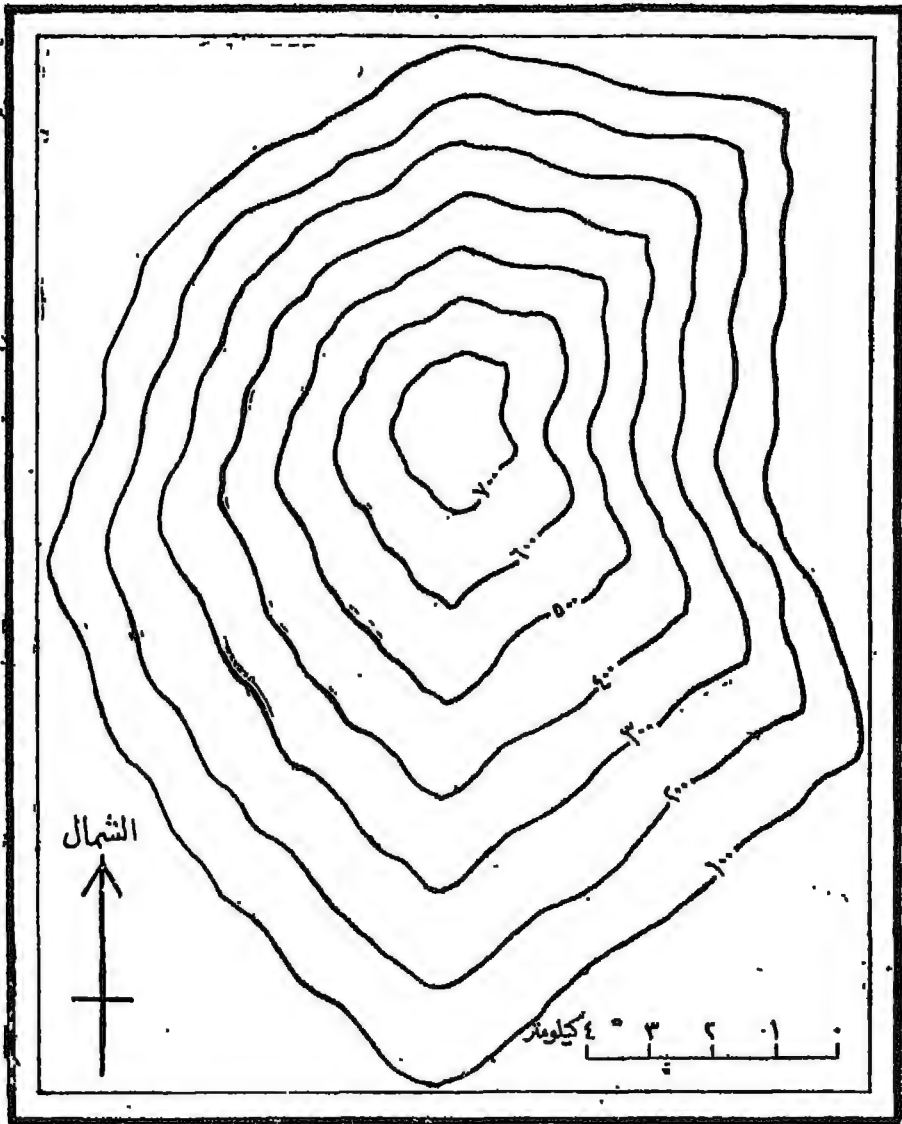
» » الخامس =  $١.٥ \times ٧ = ١٠.٥$  سم .

» » السادس =  $١.٢ \times ٧ = ٨.٤$  سم .

» » السابع =  $١ \times ٧ = ٧$  سم .

» » الثامن =  $٠.٨٥ \times ٧ = ٥.٩$  سم .

» » التاسع =  $٠.٧٥ \times ٧ = ٥.٢$  سم .



شكل (١٥٤)

فترسم الاتجاه الأول (  $360^\circ$  ) بطول ٩٥٠ سم . ونقسمه إلى سبعة أقسام طول كل قدم منها ١٥٠ سم . والاتجاه الثاني (  $47^\circ$  ) بطول ٧٠ سم . ونقسمه إلى سبعة أقسام طول قسم منها ١٠ سم . وهكذا في بقية الاتجاهات ( شكل ١٥٢ ) .

٧- نوصل بين خطوط التقسيم في كل اتجاه فنحصل على الخطوط الكنتورية ( شكل ١٥٣ ) .

٨ - نحدف خطوط الاتجاهات المساعدة ويمكن حذف خط الشمال أو الاحتفاظ به سواء في الخريطة الكنتورية نفسها أو خارجها ولكن داخل الإطار الذي يحددها .

٥ - نرفق الخريطة بمقياس خطى ١:١٠٠٠٠٠٠ ونقوم بتقييم خطوط الكنتور فنحصل بذلك على خريطة كنتورية لهذا التل بمقياس رسم ١/١٠٠٠٠٠٠ وبفاصل رأسى ١٠٠ متر (شكل ١٥٤).

### رسم الطرق بمعرفة درجة الانحدار

إن قياس درجة انحدار سطح الأرض ضرورى جداً عند رسم الطرق أو خطوط السكك الحديدية ، لأن الطرق لا يمكن أن تتأمد على خطوط الكنتور إذا كانت هذه الأخيرة تتقارب من بعضها بشدة دلالة على شدة الانحدار . لأن الطرق المستخدمة فى النقل يجب أن تتميز بانحدار معين يسمح بسهولة الحركة عليها . ومن ثم فإنه يمكننا أن نرسم مشروعات خطوط الطرق على الخرائط الكنتورية مع مراعاة درجة انحدار تسمح بسهولة الحركة على الطريق .

مثال : —

إرسم طريقاً برياً على الخريطة الكنتورية الآتية على أن يكون معدل انحدار الطريق هو  $\frac{1}{100}$  . وذلك فيما بين النقطتين ( ٢ ' ) ، ( ب ) الموضحتين على الخريطة ، مع العلم بأن مقياس رسم الخريطة هو ١/١٠٠٠٠٠٠ .

### خطوات الحل :

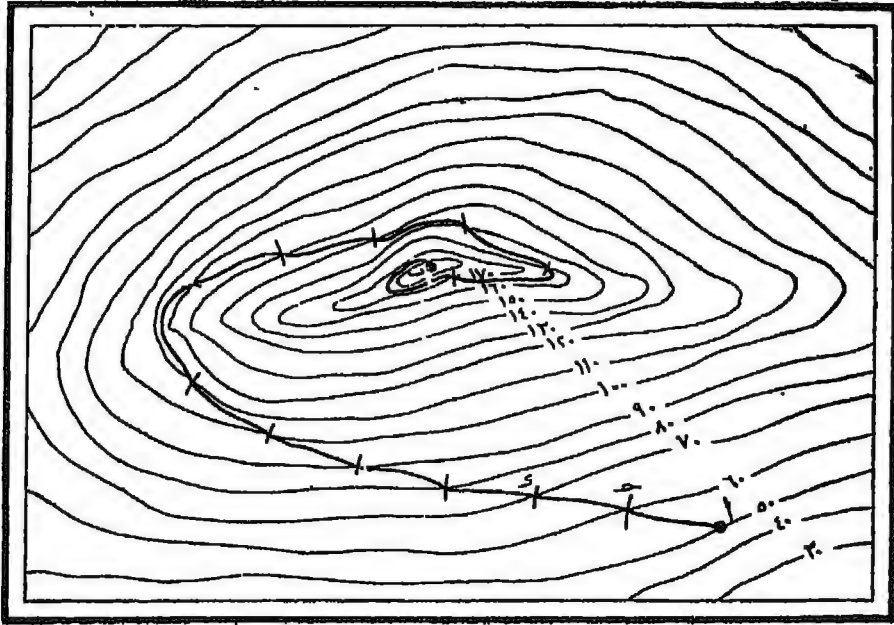
١ - بما أن مقياس رسم الخريطة هو ١ : ١٠٠٠٠٠٠ فمعنى ذلك أن الطريق ينحدر عشرة أمتار فى كل ١٥٠٠ متر ، أى أن طول الطريق بين كل خطى كنتور متتاليين هو ١٥٠٠ متر ، فيصبح معدل الانحدار على هذا الأساس هو  $\frac{1}{1500}$  أى متر فى كل ١٥٠ متراً أو عشرة أمتار فى كل ١٥٠٠ متر .

٢ - نفتح الفرجار فتحة طولها ١٥ سم . لتناسب مع طول ال ١٥٠٠ متر بمقياس رسم الخريطة وهو ١/١٠٠٠٠٠٠ ، ونضع السن الحديدى للفرجار عند نقطة ( ١ ) وهى بداية الطريق ونحركه فى كل الاتجاهات صوب خط الكنتور الأعلى ( ٦٠ متر ) حتى

يتقاطع مع هذا الخط في نقطة (ح) مثلاً ، فنضع علامة تدل على أن الطريق بين نقطة (أ) ونقطة (ب) سيمر من النقطة الأولى إلى الثانية بنقطة (ح) عند منسوب (٦٠ متر) .

٣ — بمد ذلك نقل السن الحديدى للفرجار ونضعه في نقطة (ح) ونحرك الطرف الآخر للفرجار صوب خط الكنتور الأعلى (٧٠ متر) حتى يتقاطع مع هذا الخط في نقطة (د) مع الاحتفاظ بنفس فتحة الفرجار (٥ و١ سم) كما في (الشكل ١٥٥)

٤ — نوصل بين نقطتي (ح) ، (د) بخط مستقيم فيصبح هو الخط الذى يبين سير الطريق بين منسوب (٦٠ متر) ومنسوب (٧٠ متر) .



شكل ( ١٥٥ )

٥ — نكرر هذه العملية بالنسبة لجميع خطوط الكنتور حتى نصل إلى نقطة (ب) وهى نهاية الطريق ، فنحصل فى النهاية على خريطة توضح طريقاً بين نقطتي (أ) ، (ب) بمعدل انحدار ٣:١ كما يوضحه (الشكل ١٥٥) .

## مقياس رسم الانحدار

من واقع النتائج التي توصلنا إليها عدد دراستنا لكيفية حساب معدل انحدار سطح الأرض يمكننا أن نرسم مقاييس رسم للانحدارات Scales of slopes تساعدنا على معرفة درجة انحدار سطح الأرض بين خطوط السكتور بالاستمارة بمقياس خطي للانحدارات يشبه مقياس الرسم الخطي ويرفق بالخريطة .

### مثال : —

المطلوب إنشاء مقياس للانحدارات Scale of gradients للخريطة الآتية المرسومة بمقياس رسم ١ : ٦٣٣٦٠ وبفاصل رأسي قدره خمسون قدماً .

### خطوات الحل :

- ١ — بما أن مقياس رسم الخريطة هو ١ : ٦٣٣٦٠ أى بوصة لكل ٦٣٣٦٠ بوصة، فإن البوصة الواحدة على الخريطة تمثل ٥٢٨٠ قدماً على الطبيعة .
- ٢ — بالنسبة لانحدار  $\frac{1}{20}$  مثلاً نجد أن :

$$\text{درجة لانحدار} = \frac{\text{الفاصل الرأسي}}{\text{المسافة الأفقية}} = \frac{1}{20}$$

$$\frac{9}{5280} =$$

$$\frac{264}{5280} =$$

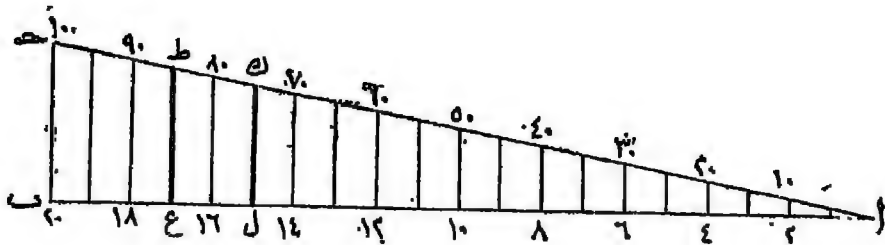
أى أن الفاصل الرأسي الذي توضحه البوصة الواحدة على الخريطة بانحدار  $\frac{1}{20}$  هو ٢٦٤ قدماً .

- ٣ — ٢٦٤ : ١٠٠ قدماً على الطبيعة تمثل على الخريطة ببوصة واحدة .
- ٤ . ٢٥٠ قدماً على الطبيعة تمثل على الخريطة — ٩

$$\therefore ٢٥٠ \text{ قدماً على الطبيعة} = \frac{٢٥٠ \times ١}{٣٦٤} = ٠,٩٤٧ \text{ بوصة}.$$

٤ — نرسم الخط الأفقى ( ا ب ) بأى طول نختاره ثم نقسمه إلى عشرين جزءاً متساوياً على أساس أن الانحدار هو ١:٣ ، ثم نقيم على أحد طرفيه عموداً ( ب ح ) بطول ٠,٩٤٧ بوصة لمثل فاصلاً رأسياً مقداره ٢٥٠ قدماً .

٥ — نوصل النقطة ر ( ا ) ، ( ح ) ، فنحصل على خطين أساسيين : ( ا ب ) ويمثل قاعدة مقياس خطى للانحدارات على أساس فاصل رأسى قدره ٢٥٠ قدماً ، والخط ( ا ح ) الذى يمثل قاعدة مقياس خطى للانحدارات على أساس فاصل رأسى قدره ٢٥٠ قدماً .

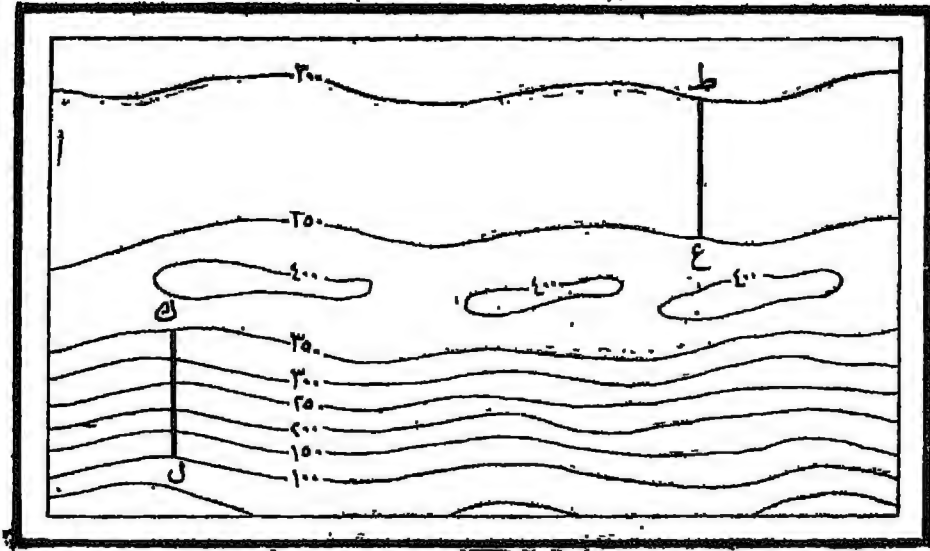


( شكل ١٥٦ ) مقياس رسم الانحدارات

٦ — نقيم أعمدة رأسية عند نقط تقسيم الخط ( ا ب ) لثلاثى بالخط ( ا ح ) وهذه الأعمدة نستخدم كمقياس للمسافات الأفقية .

٧ — نقيس الانحدارات ما بين ( ١/٣ ) ، ( ١/٤ ) على الخط ( ا ب ) مستخدمين فاصلاً رأسياً قدره ٢٥٠ قدماً ، ونقاس الانحدارات ما بين ( ١/٤ ) ، ( ١/٥ ) على الخط ( ا ب ) باستخدام فاصل رأسى قدره ٥٠ قدماً .

٨ — لاستخدام المقياس نقيس المسافة ( ط ع ) باستخدام حافة ورقة أو فرجار ونفتحه فتحة تساوى المسافة ( ط ع ) ونحرك أحد سنى الفرجار على الخط ( ا ب ) [ لأن الفاصل الرأسى ٢٥٠ قدماً ] حتى يلتقى السن الآخر بالخط ( ا ح ) ، فيمثل العمود الرأسى الذى توقف عنده الفرجار المسافة الأفقية ( ط ع ) ، فنقرأ على الخط الأسفل ( ا ب ) درجة الانحدار وهى ١٧ ، أى أن الانحدار بين ( ط ) ، ( ع ) هو ٣١.



شكل ( ١٥٧ )

٩ - وبالمثل لمعرفة درجة الانحدار بين نقطتي (ك) ، (ل) نقيس هذه المسافة بفرجار ونحرك أحد سني الفرجار على طول الخط ( ١ ح ) [ لأن الفاصل الرأسى ٥٠ قدماً ] حتى يلتقى السن الآخر بالخط ( ١ ب ) فيمثل العمود الرأسى الذى توقفت عنده حركة الفرجار المسافة الأفقية ( ك ل ) فنقرأ على الخط الماوى ( ١ ح ) درجة الانحدار وهى ٧٥ أى أن درجة الانحدار بين النقطتين (ك) ، (ل) هى  $\frac{1}{75}$  .

### طريقة تمثيل انحدار سطح الأرض على خرائط التضاريس

رأينا كيف يمكن الاستفادة من معرفة درجة الانحدار من منطقة إلى أخرى فى إنشاء الخرائط الكنتورية للمناطق المنتظمة الانحدار والمحدودة المساحة ، كما تناولنا بالشرح بعض طرق تمثيل انحدار سطح الأرض فى مجموعة من النحنيات البيانية Curves التى كان أهمها النحنى الكليوجرافى ولكننا عندما نتناول بالتحليل والدراسة أى منطقة من سطح الأرض فإن سؤالاً أولاً يقفز عادة إلى الأذهان وهو : هل هذه المنطقة مسطحة Flat أم تليى Hilly أم جبلية Mountainous ، وبمعنى آخر فإن أول ما يتبادر إلى أذهاننا هو السؤال عن طبيعة سطح الأرض Lay of the land نفسها .

وسنحاول في هذا الجزء من كتابنا كيفية تمثيل انحدار سطح الأرض على خرائط التضاريس، وسنقتصر على شرح ثلاث طرق فقط وهي : —

### أولاً : — طريقة سميث : Smith's method

إن معرفة العلاقة التي تربط بين المناطق المرتفعة والمنخفضة في منطقة معينة وربطها ببعضها كثيراً ما نستخدم أغراض الجغرافيا الطبيعية . وقد أطلق جي هارولد سميث <sup>(١)</sup> إسم « التضاريس النسبية Relative Relief » أو « التضاريس المحلية Local Relief » على هذه العلاقة .

وتتلخص طريقته التي طبقها على ولاية أوهايو الأمريكية في أنه أحضر خريطة كنتورية للولاية بمقياس رسم ١ : ٦٠٠,٠٠٠ وقسم سطحها إلى مستطيلات طول كل ضلع منها خمس دقائق بالنسبة لكل من درجات الطول ودرجات العرض وتمثل تقريباً ٤٠,٤٠٠ و ٧٥,٤٠٠ ميلاً على الطبيعة، وإن كانت هذه المقاييس تختلف بالطبع من شمال الولاية إلى جنوبها ولكن بالنسبة غير محسوسة وذلك بسبب كروية سطح الأرض .

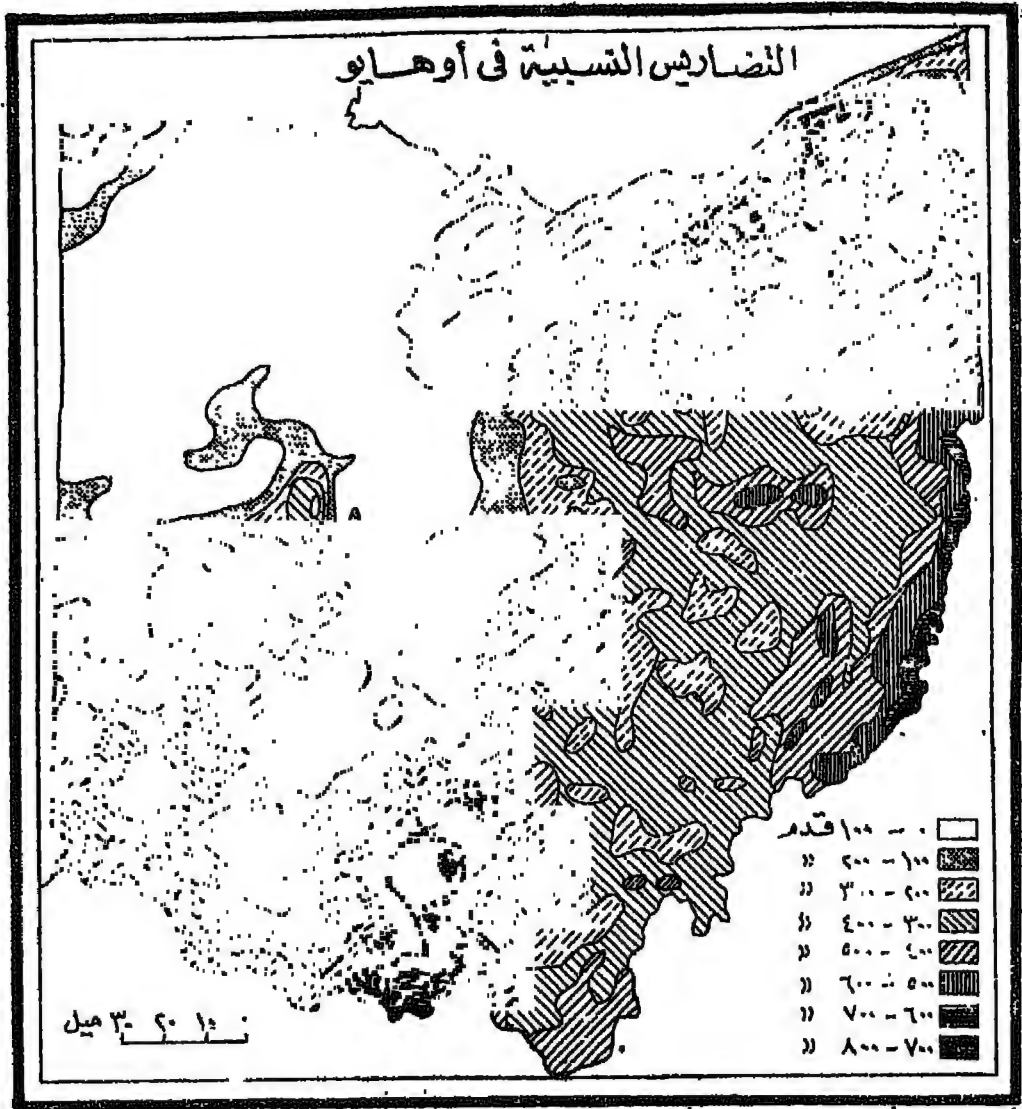
بعد ذلك قام بحساب الفرق بين أعلى نقطة وأدنى نقطة في كل مستطيل من الألفى مستطيل التي اشتملت عليها الخريطة ، ثم وضع هذه الأرقام في وسط المستطيلات .

ثم وصل بين النقاط المتساوية في الفروق بخطوط تساوى Isopleths بنفس الطريقة التي رأينا بها كيفية رسم خطوط الكنتور، وذلك بفاصل رأسى قدرة ١٠٠ قدم .

وقد استخدم سميث التظليل لإبراز المناطق ذات التضاريس المتشابهة بتغطية الخريطة بـ ٨ درجات من التظليل بفاصل رأسى قدرة ١٠٠ قدم كما في (الشكل ١٥٨) .

Smith (G.H.), The Relative Relief of Ohio, Geog. Rev., Vol. 25, 1935, (1)





شكل ( ١٥٨ )

وأجرى ميميث دراسة أوسع من ذلك بأن قام بقياس مساحة كل إقليم تضاريسي  
 Rellet province من أقاليم الخريطة الثمانية ( أي من صفر - ١٠٠ قدم ١ من ١٠٠ إلى  
 ٢٠٠ قدم، وهكذا ) ونسبه إلى جملة مساحة الولاية البالغة ٤١٢٦٣ ميلاً مربعاً وذلك لمعرفة  
 مدى تعدد تضاريس الولاية .

## ثانياً : - طريقة رويس وهنرى : Raisz and Henry method

بعد أن نجحت الطريقة التي استخدمها سميث في تمثيل درجة انحدار سطح الأرض على خرائط التضاريس مستخدماً فكرة خطوط التساوي، حاول كل من إدوين رويس وجويس هنرى<sup>(١)</sup> تطبيق فكرة سميث على منطقة في شرق الولايات المتحدة تتكون من ثلاث ولايات هي : ماساتشوستس ، رود آيلند ، كيتيكت ، ولكن النتيجة لم تكن مرضية .

فلجأ الباحثان إلى استخدام مربعات لا تزيد مساحة كل منها على ميل مربع ، حتى يتلافيا العيوب التي ظهرت في الطريقة الأولى ، ولكن النتيجة كانت الحصول على خريطة ذات ترقيع معقد Complex patchwork لا يمكن أن توضح أنماط التضاريس الرئيسية .

فحاولا بعد ذلك تقسيم الخريطة إلى أجزاء غير متساوية المساحة توضح تقريباً نفس التضاريس ، مع فصل التضاريس المنفردة مثل الجبال وغيرها من الظواهر البارزة التي قد تؤثر على النتيجة النهائية لحساب معدلات الانحدار في كل منطقة منها .

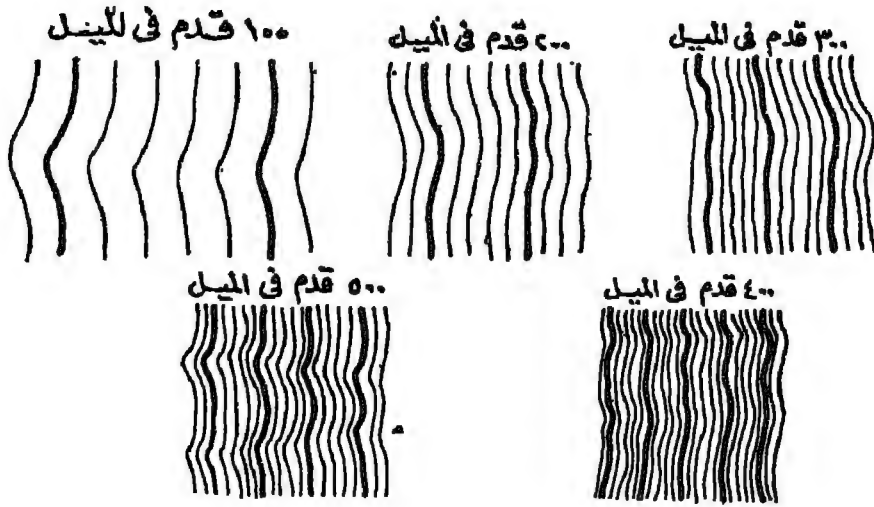
وكانت نتيجة هذه الخريطة أحسن من تطبيق طريقة سميث ولكن الخريطة مع ذلك لم تكن مرضية . ورغم ذلك فقد ظهرت الأقسام التضاريسية الرئيسية واضحة ويمكن إبرازها بسهولة .

وأخيراً توصل الباحثان إلى تطبيق طريقتهما التي عرفت باسمها وهي تقوم على أساس مختلف تماماً ، ويمكن تلخيص هذه الطريقة على النحو التالي :

تقسم الخريطة إلى أقسام صغيرة على أساس كثافة خطوط السكتور في كل قسم منها . فلو فرض وكان مقياس رسم الخريطة هو ١ : ٦٣٣٦٠ أى بوصة للميل ، فإن الخريطة تقسم إلى أجزاء يبلغ تكاثف خطوط السكتور في كل منها قدراً معيناً . أى أنه إذا مرت خلال البوصة الواحدة خمسة خطوط كنتورية وكان الفاصل الرأسى للخريطة هو ٢٠ قدماً مثلاً فإن هذه الخطوط الخمسة تمثل انحداراً لسطح الأرض يبلغ  $20 \times 5 = 100$  قدم ، أى أن الانحدار في هذه المنطقة سيكون ١٠٠ قدم للميل الواحد .

وبالمثل إذا مرت خلال البوصة الواحدة (ميل على الطبيعة) عشرة خطوط ككتورية  
تمثل انحداراً لسطح الأرض يبلغ  $10 \times 20 = 200$  قدم في الميل الواحد .

وهكذا في بقية المناطق حيث يوضح شكل (١٥٩) مفتاح كثافة الخطوط الكتورية  
الذي استخدمناه



شكل (١٥٩)

ويستخدم في تتبع خطوط الكتور لتحديد كثافتها فرجار نفثه فتحة تساوي  
بوصة واحدة (ميل واحد على الطبيعة) ثم تقوم بإحصاء عدد الخطوط باستمرار وتحديد  
مناطق تغير هذه الكثافة .

وتختلف مساحة كل منطقة تبعاً لتعدد التضاريس وإن كان من الواجب تجاهل المناطق  
الشاذة التي تقل مساحتها عن الميل الربع حتى لا تتسبب في تشويه الخريطة .

وبعد الانتهاء من تحديد تلك المناطق تقوم بتظليلها تظليلاً يتناسب مع كثافة خطوط  
الكتور التي حولناها إلى درجات للانحدار . وكانت نتيجة طريقة رويس وهنري خريطة  
للتضاريس النسبية Relative Relief في المنطقة التي حددناها والتي يوضحها الشكل (١٦٠) .



(شكل ١٦٠)

ثالثاً: طريقة روبنسون : Robinson's method

حاول آرثر روبنسون <sup>(١)</sup> التوصل إلى خريطة تضاريسية دقيقة على أساس كمّي تعتمد في بياناتها على معدلات انحدار سطح الأرض . وتتلخص هذه الطريقة فيما يلي :

يغطي سطح الخريطة بشبكة من المربعات يبلغ مساحة كل مربع منها ١٠٠ ميل مربعاً تبعاً لمقياس رسم الخريطة .

Robinson (A), A Method for Producing Shaded Relief from Areal (1) Slope Data, Surveying and Mapping, vol. 8' Washington, 1948.

ثم نقوم بحساب معدل الانحدار في كل مربع من هذه المربعات ، ونكتب درجة الانحدار وسط كل مربع من هذه المربعات . ثم نقدر لكل انحدار نقطة معينة ، مثلاً يمكننا أن نعتبر أن كل نقطة تمثل مثلاً  $\frac{1}{2}$  انحدار

وبعد ذلك نحول الأرقام السابقة إلى نقط ، فنضع في كل مربع عدداً من النقط يتناسب مع درجة الانحدار التي سبق لنا تقديرها . ويجب أن نلاحظ أن توقيع النقط لا يتم بطريقة هندسية داخل كل مربع ، بل يتم توقيع النقط بالاستمانة بخريطة طبوغرافية توضح خطوط الكنتور حتى تتخذ النقط طابع الاستمرار Continuity أى تتفق خريطة الانحدار في تدرج كثافتها مع خريطة التضاريس

ويجب أن يختار حجم النقط بدقة كبيرة حتى تعطى الإحساس الصادق بتدرج الانحدار بما يتفق مع الواقع ، لأن كبر حجم النقطة قد يعطى الإحساس بشدة الانحدار وصغر حجمها قد يوحي بأن الأرض شبه مسطحة .

والمشكلة الحقيقية هنا هي تقدير درجة الانحدار نفسها ، وقد تغلب روبنسون على هذه المشكلة بأن قام بحساب معدل الانحدار من الخطوط الكنتورية التي تتخلل كل مربع من المربعات التي غطى بها خريطته .

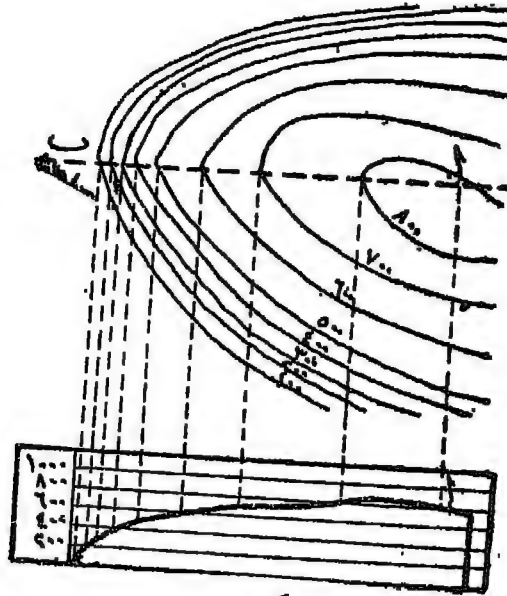
## تحديد الرؤية من الخرائط الكنتورية

هناك عدة طرق لتحديد إمكانية الرؤية بين نقطتين / Intervisibility يمكن تلخيصها

فيما يلي :-

### (١) دراسة خطوط الكنتور :

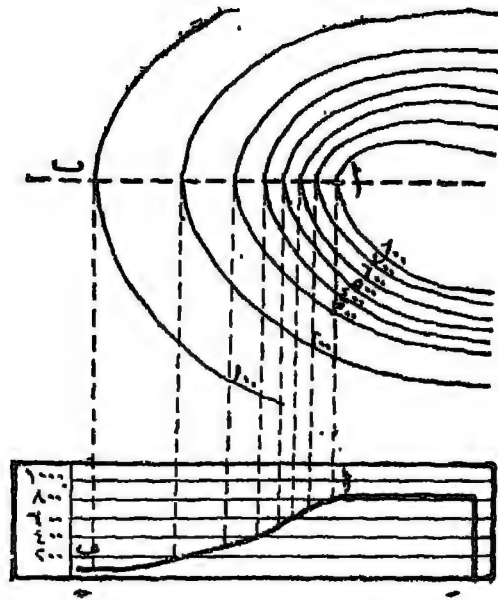
يمكن أن تبين إمكانية رؤية نقطة معينة من نقطة أخرى من دراسة خطوط الكنتور، من حيث أنها تمثل انحداراً مقعراً Concave أو انحداراً محدباً Convex .  
فإذا كانت خطوط الكنتور تمكس انحداراً محدباً كما في (شكل ١٦١) فإنه لا يمكن



شكل (١٦١)

الانحدار محدب فلا يمكن رؤية الأرضين أ ، ب

رؤية إحدى النقطتين ( أ ) أو ( ب ) كل من الأخرى حيث أن خط النظر الخارج من إحداها لا يصل إلى الأخرى . أما إذا كانت خطوط الكنتور توضح لنا انحداراً مقعراً كما في (الشكل ١٦٢) فإنه يمكن أن تكشف كل من النقطتين ( أ ) ، ( ب ) الأخرى، مالم تكن هناك ظاهرة صغرى Minor feature لا توضحها خطوط الكنتور بسبب كبر الفاصل الرأسى بينها (الشكل ١٦٢) .



شكل (١٦٢)

الانحدار مقعر ويمكن رؤية الأرض بين ا ، ب

### (ب) طريقة مقارنة الانحدارات :

تعتمد هذه الطريقة على مقارنة الانحدارات بين النقطة التي يقف فيها الشخص والنقطة التي يرغب في رؤيتها، وبين هذه النقطة وأي عائق بينها، أو بين هذه النقطة وبين هذا العائق ثم بين هذا العائق والنقطة الأخيرة .

مثال :

هل يمكن رؤية النقطة (ب) من نقطة ( ا ) ، علماً بأن المسافة الأفقية بين نقطة (ح) وكل من ( ا ) ، (ب) هي ٦٥٠ ياردة ، ٦٠٠ ياردة على الترتيب ؟

خطوات الحل :

$$١ - \text{درجة الانحدار بين ( ا ) ، (ح)} = \frac{١٠٠ \text{ قدم}}{٦٥٠ \text{ ياردة}}$$

$$= \frac{١٠٠}{١٩٥٠}$$

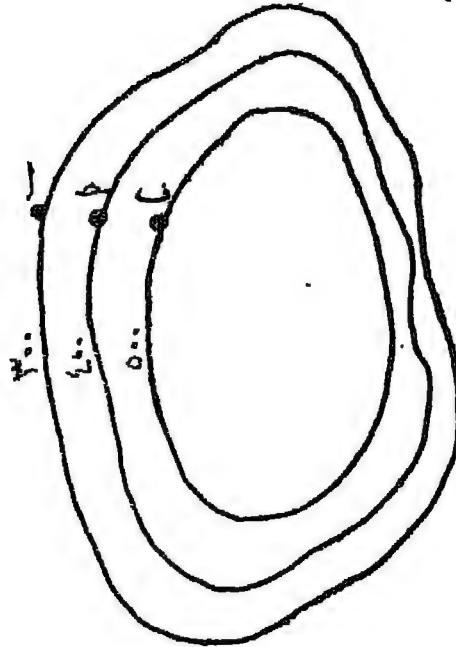
$$= \frac{١}{١٩٥}$$

٢ — درجة الانحدار بين (١)، (ب) =  $\frac{٢٠٠ \text{ قدم}}{١٢٥٠ \text{ ياردة}}$

$$\frac{٢٠٠}{٣٧٥٠} =$$

$$\frac{١}{١٨,٧٥} =$$

٣ — بما أن الانحدار اح ( $\frac{١}{١٩,٥}$ ) أصغر من درجة الانحدار اب ( $\frac{١}{١٨}$ )، إذن يمكن رؤية نقطة (ب) من نقطة (١)



(شكل ١٦٣)

تعدد الرؤية بمقارنة الانحدارات

٤ — درجة الانحدار بين (ج)، (ب) =  $\frac{١٠٠ \text{ قدم}}{٦٠٠ \text{ ياردة}}$

$$\frac{١٠٠}{١٨٠٠} =$$

$$\frac{١}{١٨} =$$



٥ - بما أن درجة الانحدار  $1 > \left(\frac{1}{190}\right)$  أصغر من درجة الانحدار  $ح$   $\left(\frac{1}{18}\right)$ ، إذن يمكن رؤية نقطة (ب) من نقطة (ح).

٦ - مما سبق يمكن أن نخرج بقاعدتين أساسيتين :-

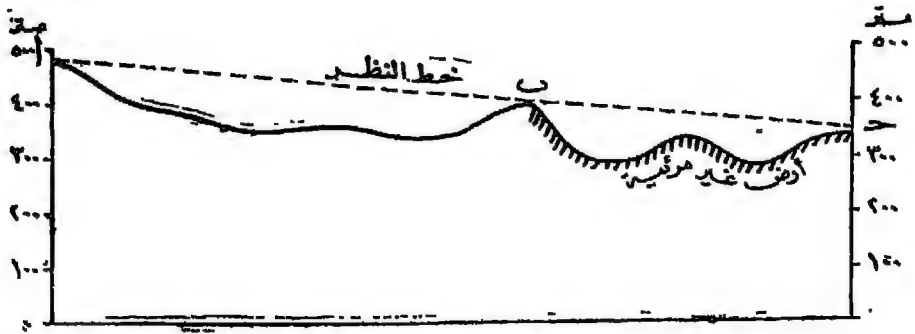
(١) نوجد الانحدار بين النقطة التي نلاحظ منها (١) ونقطة متوسطة (ح)، ولنرمز لهذا الانحدار بالرمز (ط). ثم نوجد الانحدار بين النقطة التي نلاحظ منها (١) والنقطة التي نرغب في رؤيتها (ب)، ولنرمز لهذا الانحدار بالرمز (ع). فإذا كانت قيمة (ط) أكبر من قيمة (ع) فإنه لا يمكن رؤية إحدى النقطتين من الأخرى، أما إذا كانت قيمة (ع) هي الأكبر فإن كلا من النقطتين تكشف الأخرى.

(ب) نوجد الانحدار بين النقطة الأولى (١) والنقطة المتوسطة (ح)، ولنرمز لهذا الانحدار بالرمز (ط). ثم نوجد الانحدار بين النقطة المتوسطة (ح) والنقطة الأخيرة (ب)، ولنرمز لهذا الانحدار بالرمز (ك). فإذا كانت قيمة (ط) أكبر من قيمة (ك) فإنه يصبح من التعمد أن تكشف إحدى النقطتين الأخرى، أما إذا كانت قيمة (ك) هي الأكبر فإنه يصبح من السهل على الشخص الذي يقف في نقطة (١) أن يكشف نقطة (ب).

٧ - السبب في هذه الملاحظة هو أن الانحدار بين النقطتين يتخذ طبقاً لماتين القاعدتين إما شكلاً محدباً فيصبح من المستحيل أن تكشف النقطة الأولى النقطة الثانية، وإما شكلاً مقعراً فيصبح من اليسير أن تكشف كل من النقطتين النقطة الأخرى.

### (ح) طريقة القطاع :

في هذه الطريقة نقوم برسم قطاع تضاريسي بين النقطتين المرغوب تحديد طبيعة الرؤية بينهما ثم نرسم خطاً مستقيماً من أول القطاع إلى نهايته ليمثل خط النظر Line of Sight، فإذا اصطدم هذا الخط بأي عائق في طريقه من النقطة الأولى إلى النقطة الثانية، فإن كل المنطقة الواقعة خلف هذا العائق لا يمكن رؤيتها من النقطة الأولى. أما المنطقة المحصورة بين بداية القطاع وبين النقطة التي يتقاطع فيها خط النظر مع القطاع التضاريسي، فهي منطقة واضحة ومكتشوفة للمشاهد من النقطة الأولى. وفي هذه الحالة تصبح الرؤية معدومة بين نقطتي (ب)، (ح).



( شكل ١٦٤ )

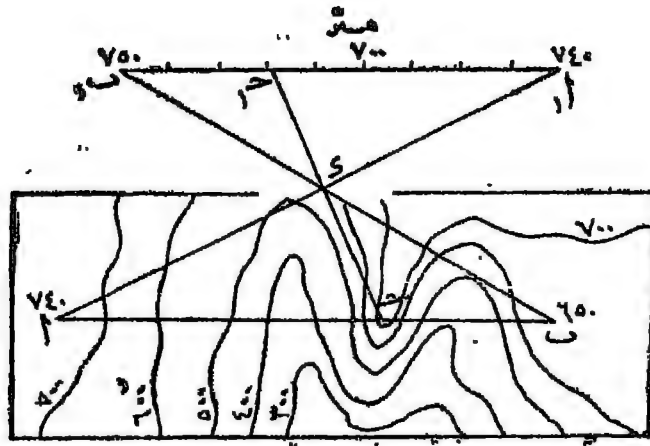
تحديد الأرض غير المرتفعة عن طريق القطاع

#### (د) طريقة المثلثات المتشابهة : Similar Triangles

هذه طريقة دقيقة وسريعة تعتمد على مبدأ المثلثات المتشابهة ، ففي الخريطة الكنتورية الموضحة في ( شكل ١٦٥ ) هل يمكن رؤية النقطة ( ا ) من نقطة ( ب ) ؟

لتطبيق هذه الطريقة نحدد ارتفاع كل نقطة منها إما بالنسبة لأقرب خط كنتور أو على أساس نقطة مناسبة دقيقة . فإذا بلغ ارتفاع النقطة ( ا ) ٧٤٠ متراً والنقطة ( ب ) ٦٥٠ متراً فإننا نرسم الخط الأفقي ( ا ب ) ، ثم نرسم خطاً موازياً له خارج الشكل وليكن الخط ( ا<sub>١</sub> ب<sub>١</sub> ) ونقسمه إلى عدد من الأقسام يتناسب مع الفارق في منسوب النقطتين ، أى أننا نقسمه إلى تسعة أقسام يمثل كل منها عشرة أمتار ، ثم نوصل ( ا<sub>١</sub> ) ، ( ا ) ثم ( ب ) ، ( ب<sub>١</sub> ) فيتقاطعان في ( ح ) .

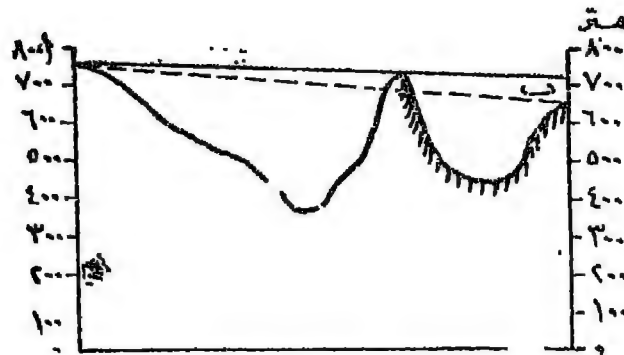
بعد ذلك نقوم برسم خط من نقطة ( و ) - وهي أعلى تقطع على طول الخط ( ا ب ) - إلى نقطة ( ح ) ونعده على استقامته ليلتقى بالخط ( ب<sub>١</sub> ا<sub>١</sub> ) في نقطة ( و ) . ثم نقرأ موقع نقطة ( و ) على الخط الماوى ، فإذا كانت قراءتها أكبر من منسوب نقطة المائق ( و ) ، فإن كلا من النقطتين تكشفان بعضهما . أما إذا كانت قراءة النقطة ( و ) على الخط ( ا ب ) أقل من منسوب النقطة ( و ) ، فإنه لا يمكن رؤية النقطة ( ب ) من نقطة ( ا ) حيث أن المائق ( و ) يحول دون تلك الرؤية .



( شكل ١٦٥ )

تحديد المناطق غير المرئية باستخدام طريقة المثلثات المتشابهة

ويمكن أن يتأكد الأمر لدينا من القطاع الذي يوضحه ( شكل ١٦٦ ) — وهو قطاع تضاريسى على طول الخط ( ا ب ) — ومده نرى أن خط النظر الخارج من نقطة ( ا ) إلى نقطة ( ب ) يصطدم فى طريقه بالعائق ( س ) .



( شكل ١٦٦ )

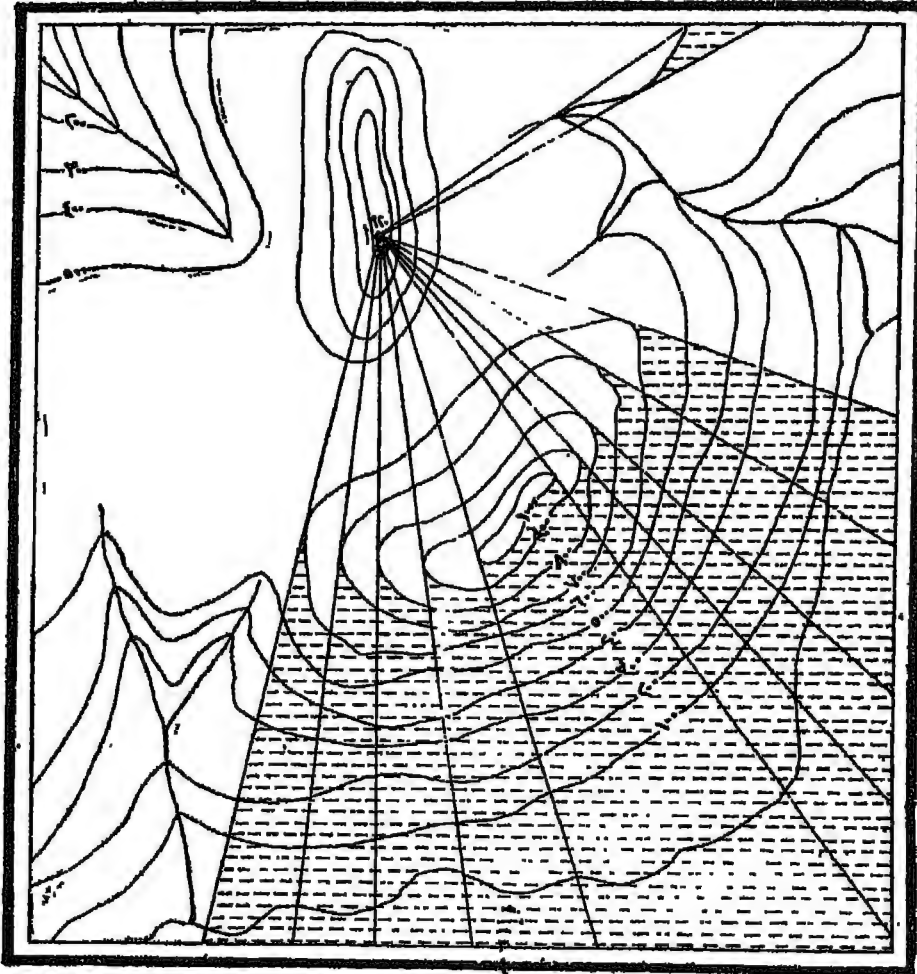
قطاع على طول الخط ا ب لإثبات صحة فكرة المثلثات المتشابهة

تحديد الأرض غير المرئية على خرائط التضاريس

يقصد بالأرض غير المرئية ( أو الميتة Dead - ground ) هى تلك الأرض التى لا يمكن رؤيتها من نقطة معينة بسبب وجود عائق يحول دون تلك الرؤية .

ويمكن أن نحدد الأرض غير المرئية من واقع قطاع تضاريسى كما هو موضح في (شكل ١٦٤) حيث نجد أن المنطقة المحصورة بين نقطتي (أ) ، (ب) واضحة بالنسبة للشخص الواقف عند نقطة (أ) ، بينما المنطقة الواقعة بين نقطتي (ب) ، (ج) غير واضحة لنفس الشخص فهى إذن منطقة ميتة Dead - ground غير مرئية من نقطة (أ)

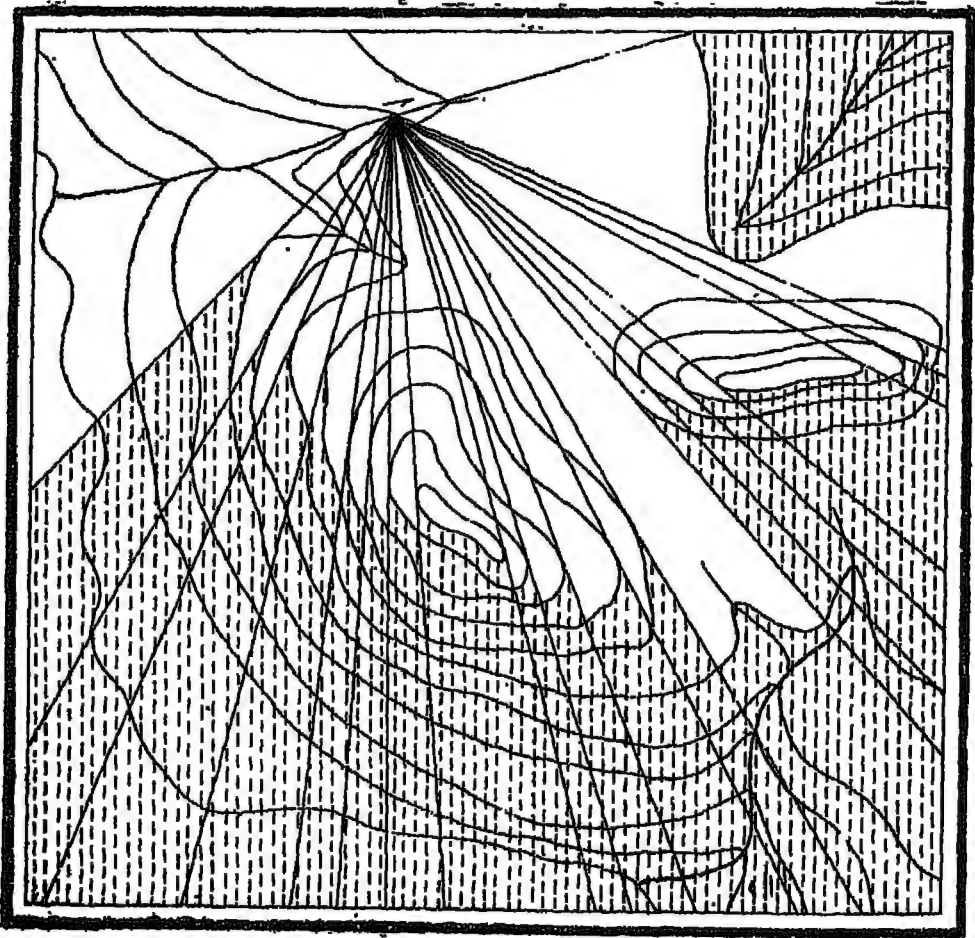
كذلك يمكن تحديد الأرض غير المرئية من نقطة معينة في خريطة كنتورية ، وبالطبع تختلف المنطقة غير المرئية تبعاً لاختلاف النقطة التى تم منها عملية الرصد . فم عند مقارنة الشكلين (١٦٧) ، (١٦٨) وهما لنفس المنطقة نجد أن الأرض الميتة بهما قد اختلفت تبعاً لتغير نقطة (أ) في كل منهما فقد كانت في الخريطة (١٦٧) عند منسوب ٩٢٠ متراً بينما أصبحت في الخريطة الثانية عند منسوب ٤٠٠ متر .



( شكل ١٦٧ )

والأصل في تظليل المناطق غير المرئية هو أننا نفترض خروج أشعة من نقطة الرصد في جميع الاتجاهات ، أى أنه يخرج من نقطة الرصد ٣٦٠ شعاعاً ويعتبر كل شعاع منها خطاً لقطاع تضاريسى . فإذا أنشأنا قطاعات تضاربسية على طول خطوط الأشعة هذه فإنها تساعدنا على رسم المناطق غير المرئية من نقطة الرصد .

ففي الشكل ( ١٦٧ ) نجد أن الأشعة التي تخرج من نقطة (١) على منسوب ٩٢٠ متراً تصطدم في طريقها نحو الجنوب الشرقى بمنطقة يبلغ ارتفاعها ١٠٠٠ متر ، فتحجب هذه المنطقة الأكثر ارتفاعاً كل المناطق التالية لها والتي تتدرج في انخفاضها حتى ساحل البحر .



( شكل ١٦٨ )

وبالمثل فإن الأشعة التي تخرج من نفس النقطة وتصطدم بخط كنتور ٩٠٠ متر نجد أن هذا الخط يحجب الرؤية عن نقطة الرصد فيما وراءه ، أى لا تظهر كل المناطق التي تنخفض من هذا الارتفاع في ذلك الاتجاه حتى ساحل البحر ، وهكذا في بقية الخطوط فنقوم بتظليل كل هذه المناطق التي لا يمكن رؤيتها من نقطة الرصد .

أما في الشكل ( ١٦٨ ) فإننا نجد أن نقطة الرصد قد تغيرت وانتقلت إلى منسوب ٤٠٠ متر ، ومن ثم فقد تغيرت المناطق التي لا يمكن رؤيتها من نقطة الرصد .

فالأشعة التي تخرج من نقطة الرصد في اتجاه الشمال مثلاً ترتفع حتى تصل إلى منسوب ٥٠٠ متر ثم ينخفض سطح الأرض بعد ذلك حتى منسوب أقل من مائة متر فلا تظهر كل هذه المناطق بالنسبة للشخص الواقف في نقطة الرصد ( ١ ) .

وبالمثل فإن كل منطقة مرتفعة تحجب ما خلفها من المناطق عن أعين الراصد في نقطة ( ١ ) أى أن هذا الشعاع الذي افترضنا أنه يعتبر خط قاعدة لقطاع تضاريسى نفترض أنه يخرق المنطقة في هذا الاتجاه أو ذاك ، نجده يكشف سطح الأرض طالما كان شكل القطاع شكلاً مقعراً ، أما إذا تغير شكل القطاع على طول الشعاع وبدأ يأخذ شكلاً محدباً فإن المنطقة التي ينطبقها هذا الجزء المحدب تعتبر منطقة ميتة غير مرئية من نقطة ( ١ ) .

وقد استخدم بعض الباحثين طرقاً عديدة ودقيقة لتوفير « الأرض الميتة » على الخرائط الكنتورية ، ليس فقط من وجهة النظر التي شرحناها سابقاً ، ولكن مع الاهتمام بدرجة ميل أشعة الشمس واختلاف هذا الميل من ساعة إلى أخرى من ساعات النهار ، فلا يتم تظليل المنطقة بالكامل ولكن يتم تظليل الجزء الذي يخفى وراء خط الكنتور في الجانب الذي لا يواجه أشعة الشمس . فلم تعد المنطقة التي تهتم الخريطة بتظليلها أرضاً ميتة Dead-ground بل أرضاً تقع في ظل الشمس Shadow area<sup>(١)</sup> .

(١) للدوس في فهم هذه الطريقة وتطبيقاتها المديدة انظر :

Garrett, (A) , Insolation, Topography, and settlement in the Alps, Geog. Rev., Vol. 25, 1935, pp. 601 — 617.

Debenham, (F.), Exercises in Cartography, Glasgow, 1937, pp. 61 — 65.

## رسم البانوراما

البانوراما Panorama هي فن توضيح المنظر الذي يراه المراقب من نقطة معلومة على قطعة من الورق . وإذا تم هذا الرسم بدقة أصبحت له قيمة كبيرة في إعطاء المراقب صورة شاملة عن طبيعة اللاندسكيب في المنطقة موضوع الدراسة . ولا يتطلب الأمر ذوقاً فنياً Artistic في الرسم ولكن من الضروري الإكثار من التمرين على عمل مثل هذا الرسم .

وقد يتبادر إلى الأذهان أن الصورة الفوتوغرافية تغني عن رسم البانوراما من حيث أن الأولى تمثل وسيلة سريعة ودقيقة للحصول على صورة للمنطقة موضوع الدراسة ، ولكن الرسم الميداني Field Sketching للبانوراما يحقق في كثير من الأحيان فوائد تعجز الصورة الفوتوغرافية عن توضيحها . فضلاً عن أن رسم الإسكتش من الميدان ليس هو الوسيلة الوحيدة لرسم البانوراما - وإن تكن أكثرها شيوعاً - بل يمكن إجراء مثل هذا الرسم من الصور الفوتوغرافية ومن الخرائط الطبوغرافية أيضاً .

والصور الفوتوغرافية لحزم من سطح الأرض لا تغني عن رسم البانوراما لسدة أسباب .

١ - نسبة طابع عمود رسم البانوراما أن تركز على المظاهر الهامة في المنطقة والتي نخدم أغراضنا الدراسية من إجراء مثل هذا الرسم ، وهذا ما قد يخفى على المصور .

٢ - يمكننا عند رسم البانوراما أن نحذف بعض المظاهر التي لا تؤثر في دراستنا ولكنها تحجب عنا مظاهر أخرى غاية في الأهمية . فالمظاهر القريبة من عدسة التصوير تحجب حتماً ما خلفها من مظاهر تظهر أصغر حجماً منها بحكم البعد المسكاني . فالأشجار والسكنى القريبة من العدسة تحول دون ظهور مظاهر شبيمية أخرى قد يهمنا إرازها بسبب وقوع تلك الأخيرة بعيداً عن عدسة المصور .

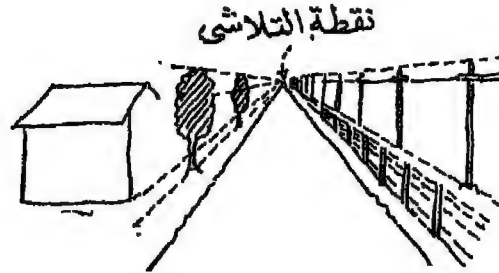
٣ - يمكن أن نضيف إلى رسم البانوراما ما يترى لنا إضافته من الملاحظات وأسماء الأماكن في المنطقة .

٤ — يتم رسم البانوراما عن طريق خطوط متصلة واضحة line cut ، بينما تمطينا الصور الفوتوغرافية شكل مظاهر سطح الأرض من طريق الظلال half - tone ، ومما لاشك فيه أن مظاهر سطح الأرض تكون أوضح في الحالة الأولى منها في الحالة الثانية .

القواعد التي يجب ملاحظتها عند رسم البانوراما :

١ — يجب الانتفاع بجزء من الوقت المخصص لرسم البانوراما في دراسة المنطقة بالعين المجردة ، ويجب عمل ذلك قبل إجراء أى تخطيط بالقلم الرصاص على الورق .

٢ — يجب اتباع قواعد الرسم المنظور بقدر الإمكان وخلاصة هذه القواعد أنه كما كانت المظاهر الطبيعية بعيدة كلما ظهرت صغيرة ، ولذا يجب رسمها صغيرة على الورق . كذلك تظهر الخطوط المتوازية التي تبدأ من موقع المراقب وتمتد بعيداً عنه كما لو كانت تتقارب في نقطة تسمى نقطة التلاشي Vanishing Point .



( شكل ١٦٩ )

٣ — يجب مراعاة البساطة المتناهية في رسم البانوراما ، فلا يرسم أى خط على الورق ما لم يقصد به توضيح فكرة معينة تبرر الغرض الذي من أجله رسم هذا الخط .

٤ — يجب رسم المباني والأشجار والطرق بتخطيط حدودها الخارجية أو بالاصطلاح الخاص بكل منها فليس الهدف من رسم البانوراما هو رسم كل المظاهر الطبيعية والحضرية في المنطقة على حقيقتها ، بل يكتفى باستعمال الأشكال الاصطلاحية ، كما لا يجب الالتجاء إلى التظليل إلا عند الضرورة .

٥ — يجب استعمال خطوط ثابتة متصلة في كل الرسم وتجنب الخطوط المتقطعة غير الواضحة .



## (أولا) رسم البانوراما من الطبيعة

قبل البدء في رسم الباراما يجب تحديد مساحة المنطقة التي ستوضحها البانوراما، وهذه المساحة يحددها دائماً الغرض الذي من أجله يتم رسم البانوراما . وقد أثبتت التجربة أن رسم منطقة قوسها ٣٠° هو أقصى ما يمكن رسمه على ورقة واحدة ، فإذا احتاج الأمر رسم منطقة أكبر فيجب رسم بانورامتين ووصلهما معاً .

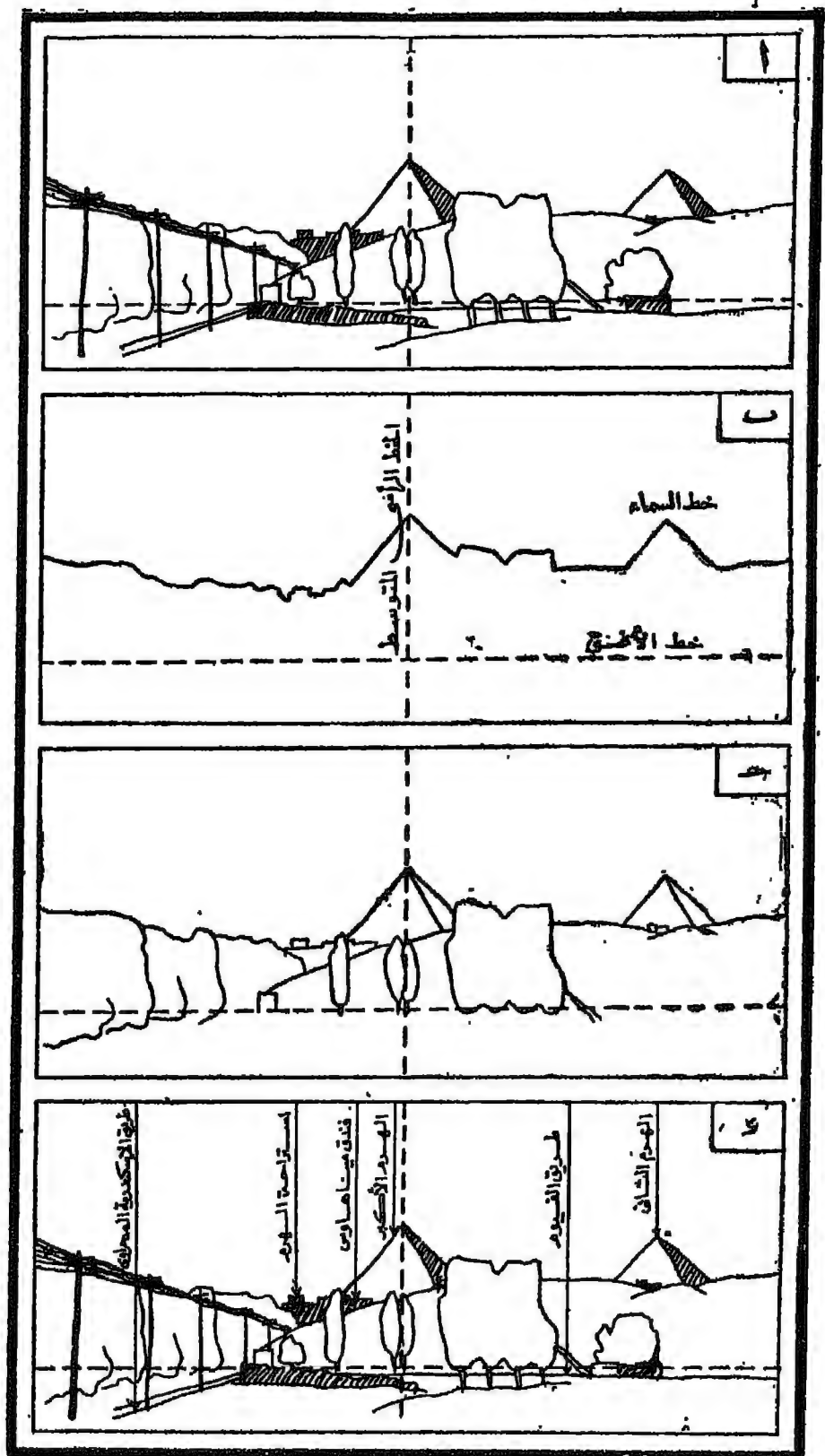
بعد تحديد المنطقة التي سنرسمها نقوم بتحديد الخط الرأسى المتوسط للبانوراما ، وبالتالى أقصى اليمين واليسار لها ، كما نحدد خط الأفق على الورقة . وبعد ذلك نرسم خط السماء مع توضيح قمم الجبال والأشجار . . . الخ، ويجب أن نلاحظ أن خط السماء يكون أعلى من خط الأفق ما عدا في حالة وجود بحار فإنهما ينطبقان .

أما التفاصيل فإنها ترسم في المساحة المحصورة بين خط السماء والحافة السفلى للورقة مبتدئين بالأغراض الهامة لإبراز الشكل العام للبانوراما . ثم نكمل التفاصيل التي تقل أهمية مع مراعاة القواعد التي سبق لنا شرحها .

وقبل أن نهى الرسم يجب أن نشير بأسهم رأسية إلى الأغراض الهامة مع ذكر اسمها وذكر انحراف الخط الرأسى المتوسط وإحداثى نقطة الراصد وتاريخ إجراء الرسم .

ويوضح لنا ( الشكل ١٧٠ ) مراحل رسم البانوراما بشكل أوضح : ففي الجزء العلوى ( أ ) نجد صورة للمنطقة المطلوب رسمها . وأول مرحلة ( ب ) هى رسم خط الأفق والخط الرأسى المتوسط باعتبارهما ظاهرتين أساسيتين يمكن نسبة الظاهرات الأخرى في المنطقة إليهما، تتبعها المرحلة ( ح ) التي توضح التلال القريبة من هذين الخطين والنقط المميّزة مثل الطرق والأهرامات وهياكل البانى الرئيسية ، ويلي ذلك المرحلة ( د ) حيث نصيف التفاصيل التي تتوسط المعالم السابقة ، مثل الأشجار وخطوط التليفون . . . الخ . وبذلك نصل إلى نفس الرسم الموجود في ( أ ) وهو الذى يوضح المنطقة المطلوب رسمها .

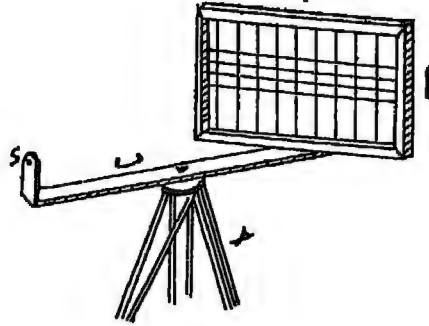
وهناك عدة طرق تمكننا من الحصول على رسم دقيق للاسكتش الذى يعتبر خريطة للمنطقة يجب أن ترسم بدقة كبيرة وبمقياس رسم نسبى ملائم . ولكننا سنكتفى هنا بطريقةين فقط .



(شكل ١٧٠)  
مراحل رسم البانوراما

(١) شبكة الإسكتش : Sketching screen

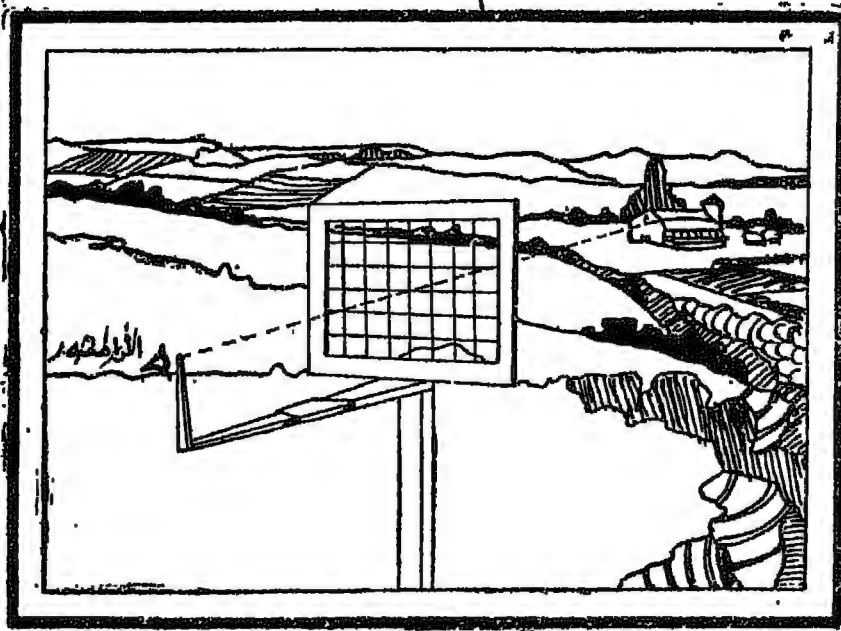
تساعد شبكة الإسكتش المبتدئين على توقييع العناصر الرئيسية لأية منطقة يراد رسمها على الورق . وتتكون شبكة الإسكتش من إطار مفرغ مستطيل الشكل ( ١ ) كالذى يوضحه ( الشكل ١٧١ ) مثبت من أحد طرفيه بعمود أفقى ( ب ) يتعامد على الضلع الأسفل للمستطيل ، ويرتكز الجهاز كله على حامل ذى ثلاث شعب ( ح ) . كما توجد مجموعة من الأسلاك الرفيعة الأفقية والرأسية تقسم الإطار ( ١ ) إلى عدد من المستطيلات .



( شكل ١٧١ )

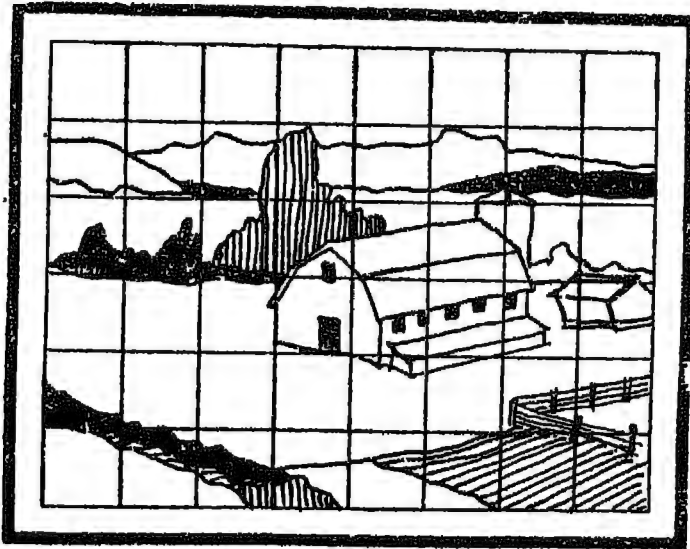
وعندما يوضع الجهاز فى وضع مماثل للوضع الذى يوضحه ( الشكل ١٧١ ) وينظر المراقب من خلال الشبكة ، فسيجد أن شبكة الأسلاك المذكورة قد قسمت له الجزء الذى يظهر من سطح الأرض داخل الإطار ( ١ ) إلى مجموعة من المستطيلات . وتختلف المفضطة التى ينطويها كل مستطيل تبعاً للمسافة التى تفصل عين المراقب عن الشبكة نفسها ، ولهذا السبب زود الجهاز بفتحة ( و ' Peep sight ' على العمود الأفقى ( ب ) تواجه الشبكة .

وقبل استخدام شبكة الإسكتش تقوم برسم شبكة مماثلة لها على الورق . ويصبح رسم البانوراما عبارة عن نقل معالم سطح الأرض التى تظهر من خلال الإطار ( ١ ) إلى ورقة الرسم التى تساوية فى عدد مستطيلاتها ، مستطيلاً بمستطيل ، بطريقة مشابهة لتلك التى اتبعت فى تكبير الخرائط أو تصنيفها بطريقة المربعات ( انظر صفحة ٩٦ ) .



( شكل ١٧٢ )

وليس من الضروري أن تنقل كل التفاصيل باستخدام شبكة الإسكتش، بل يكفي رسم  
المعالم الرئيسية للمنطقة باستخدام الشبكة ، ثم رسم كل التفاصيل الصغيرة بالاسترشاد بهذه  
النقط المميزة .



( شكل ١٧٣ )

وبمقارنة الشكلين ( ١٧٢ ، ١٧٣ ) تتضح لنا كيفية استخدام هذه الشبكة في رسم معالم سطح الأرض .

ووجه الصعوبة في رسم البانوراما ليس هو توضيح التفاصيل الصغيرة المنفردة مثل الساكن والأشجار ... الخ في مكانها النسبي الصحيح على الورق ، ولكن في « رؤية Seeing » الخطوط الرئيسية لسطح الأرض والتي نحتاج إليها في تمثيل هذا السطح على الورق . ولهذا فمن الأفضل أن نبدأ بتوقيع الملامح الرئيسية مثل الطرق والسكك الحديدية وخط الأفق .. الخ مع مراعاة قواعد الرسم المنظور التي ذكرناها .

#### ( ب ) لوحة الإسكتش : Sketch pad

رغم سهولة استخدام شبكة الإسكتش ودقة الرسم الذي نحصل عليه بوساطتها ، إلا أن المحترفين من رسامي البانوراما لا يستخدمونها لأنها تشكل عبئاً عليهم في العمل الميداني ، ولهذا السبب فإنهم يستخدمون لوحة الإسكتش . واللوحة ذات أشكال متعددة ، ولكننا سنكتفي هنا بشرح أبسط أنواعها وتبلغ مساحتها عادة  $6\frac{1}{2} \times 9$  بوصة :

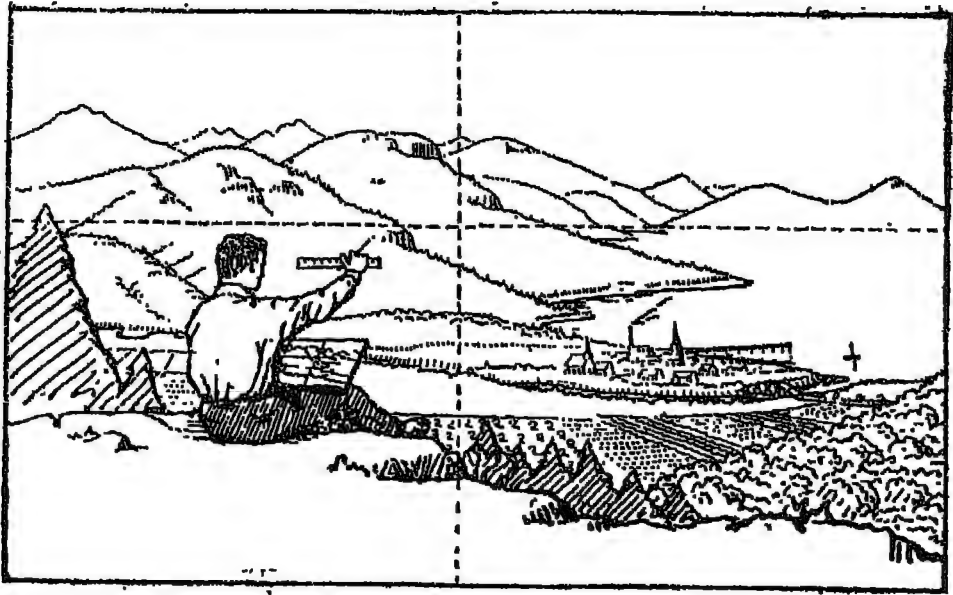
١ — نحدد مساحة المنطقة المطلوب رسمها على اللوحة ، ونختار نقطة بارزة فيها نعتبرها مركز البانوراما .

٢ — نرسم خطاً رأسياً يتوسط لوحة الرسم ، وآخر أفقياً يتمشى مع خط الأفق أو أى خط آخر في الطبيعة مثل شاطئ نهر أو ساحل بحيرة أو طريق .

٣ — نمسك مسطرة بحيث تكون بعيدة عن العين بحوالى ١٢ بوصة ، ثم نقفل إحدى العينين ، ونعتبر المنطقة التي تنحصر بين طرفي المسطرة هي المنطقة المطلوب رسمها ، مع ملاحظة أنه يمكن تغيير مدى هذه المنطقة بتحريك المسطرة قريباً أو بعيداً عن العين .

٤ — نقيس البعد الأفقى لبعض الظواهر المميزة عن نقطة المركز ، والبعد الرأسى عن خط الأفق ، ثم نوقعها على اللوحة تبعاً لمقياس الرسم النسبي المستخدم . ويجب أن نرسم هذه المرحلة بدقة كبيرة ، فلي أساسها نحدد الملامح الرئيسية للبانوراما .

٥ — بعد ذلك نبدأ في إضافة التفاصيل مبتدئين من المظاهر الكبيرة إلى التفاصيل الصغيرة التي نرسم بشكل مبسط وبالإصطلاح المناسب .



شكل ( ١٧٤ )

٦ — يجب المبالغة في مقياس رسم المسافات الرأسية بالنسبة إلى مقياس رسم المسافات الأفقية بنية إظهار أية معالم صغيرة بسهولة . وأنسب مقياس هو ما كان ٢ : ١ أى أن أية مسافة رأسية تقاس على الأرض يجب مضاعفتها عند رسمها على الورق ، في حين أن المسافة الأفقية لنفس الظاهرة تبقى كما هي .

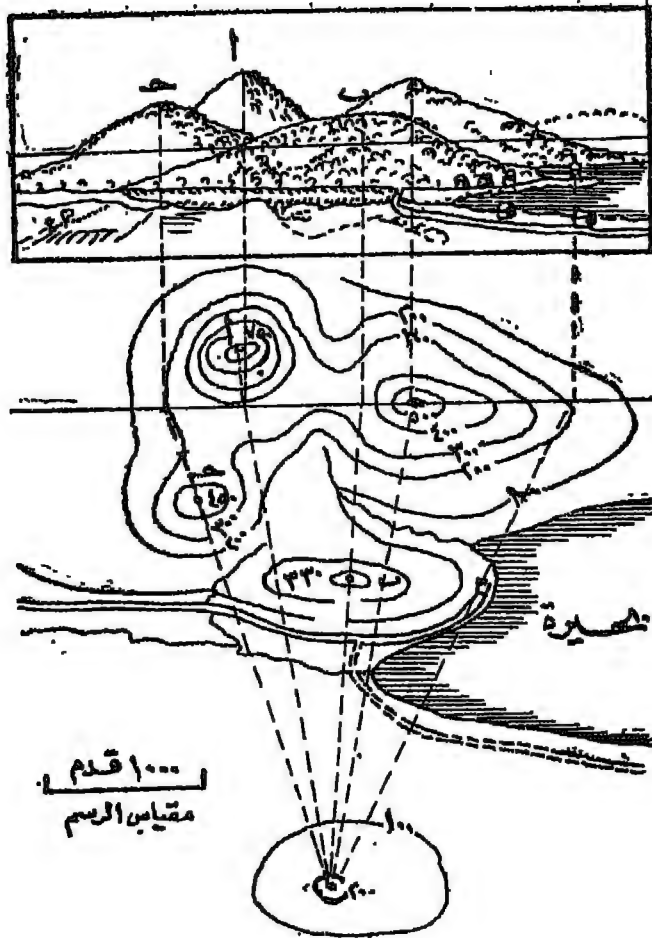
٧ — يجب كتابة أسماء الأماكن الرئيسية مثل أسماء الأنهار والبحيرات والتلال ، ويمكن كتابتها بعيداً عن المنطقة نفسها واستخدام سهم يشير إلى مكانها الصحيح .

٨ — يمكن إنهاء الرسم بتحبيره وتلوين بعض الملامح فيه ، ولكن لا يجب زخرفة الرسم بإدخال تفاصيل لا ضرورة لها بحيث تكون البانوراما في النهاية واضحة وبسيطة .

٩ — يستحسن كتابة إحداثيات مكان المراقب ( الرسام ) ومركز البانوراما بالنسبة لمكان الرسام والتاريخ والزمن الذي رسمت فيه وأية ملاحظات خاصة بالأحوال الجوية .

### ( ثانياً ) رسم البانوراما من الخرائط الطبوغرافية

يمكن الاستعانة بخريطة طبوغرافية دقيقة عليها خطوط كنتورية واضحة في رسم صورة دقيقة للبانوراما بمقياس رسم نسبي ملائم . ويوضح ( الشكل ١٧٥ ) نموذجاً لهذه الطريقة .



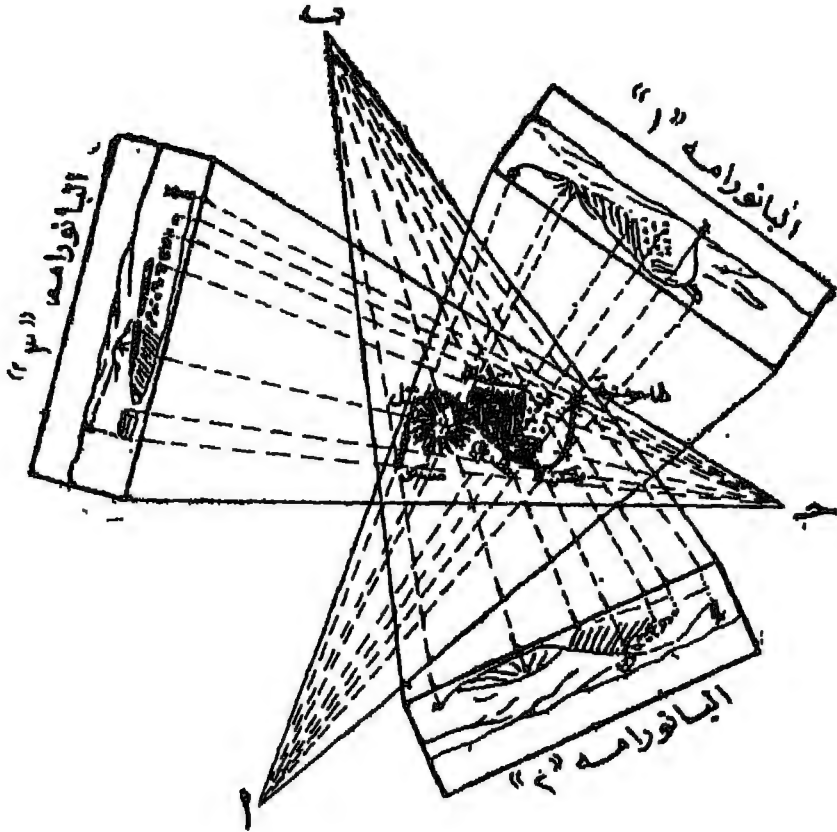
شكل (١٧٥)

وتتلخص هذه الطريقة في رسم مستوى رأسى للإسقاط Vertical plane of rojection  
يبعد عن المكان الذى يفترض فيه وقوف المراقب ، ثم ترسم أشعة من مكان المراقب ونعدها  
على استقامتها إلى خط الإسقاط . وبعد ذلك نقيم أعمدة من نقط التقاطع السابقة إلى لوحة  
الرسم الموضع عليها خط الأفق الذى يمثل خط الإسقاط السابق . ثم نوقع تفاصيل التضاريس  
فوق أو تحت خط الإسقاط باستخدام مقياس رأسى مبالغ فيه Hyperbolic vertical scale  
حتى يتسنى لنا توضيح الاختلاف البسيط فى التضاريس ، لا سيما فى المناطق المستوية السطح  
إلى حد كبير .

الباوراما وسيلة لرسم الخرائط الطبوغرافية :

خريطة طبوغرافية ملائمة أو إذا تغيرت الملامح الحضارية الموجودة في المنطقة موضوع الدراسة . ولا يمكننا إنشاء خرائط بهذه الطريقة إلا لمناطق صغيرة المساحة تحقيقاً لفرض دراسي معين .

ويوضح (الشكل ١٧٦) كيفية إنشاء الخرائط الطبوغرافية بهذه الطريقة . فهذا الشكل يوضح ثلاث بانورامات لمنطقة واحدة مرسومة من ثلاث نقط مختلفة هي : (١) ، (ب) ، (ح) والمسافة التي تفصل بين الرسام ومركز المنطقة مسافة واحدة في كل البانورامات ، فضلاً عن أن انحرافات النقط (١) ، (ب) ، (ح) معروفة . وقبل رسم الخريطة توقع النقط (١) ، (ب) ، (ح) بدقة على الورق الذي سترسم عليه الخريطة تبعاً لمقياس الرسم الذي نختاره .



شكل (١٧٦)



بعد ذلك تقيم أعمدة في كل بانوراما من النقط المميزة في كل منها حتى حافة الرسم ،  
ثم نضع كل بانوراما في مواجهة النقطة التي رسمت منها ، وتفصلها عنها مسافة مساوية  
لتلك المسافة التي كانت تفصل بين لوحة الرسم وعين الراصد . فثلا نضع اللوحة ( ١ ) في  
مواجهة النقطة ( ١ ) واللوحة ( ٢ ) في مواجهة النقطة ( ب ) واللوحة ( ٣ ) في مواجهة  
النقطة ( ح ) .

ثم نرسم من كل من ( ١ ) ، ( ب ) ، ( ح ) خطوطاً تلتقي بالأعمدة السابقة المقامة  
من حافة الرسم حتى العالم المميزة في كل بانوراما . وتلاقى الخطوط الثلاثة الخاصة بأية  
ظاهرة يحدد مكانها على الخريطة في منتصف ورقة الرسم .

فثلا يوجد في كل بانوراما في ( الشكل ١٧٦ ) طاحونة هواء ، ومن ثم فإن تلاقى  
الخطوط الثلاثة التي تخرج من الطاحونة في كل بانوراما يحدد مكان طاحونة الهواء على  
الخريطة . وهكذا في بقية معالم المنطقة .

ويمكن رسم الخريطة بالاستعانة ببانورامتين فقط ، ولكن استخدام ثلاث بانورامات  
يعطى نتائج أكثر دقة .

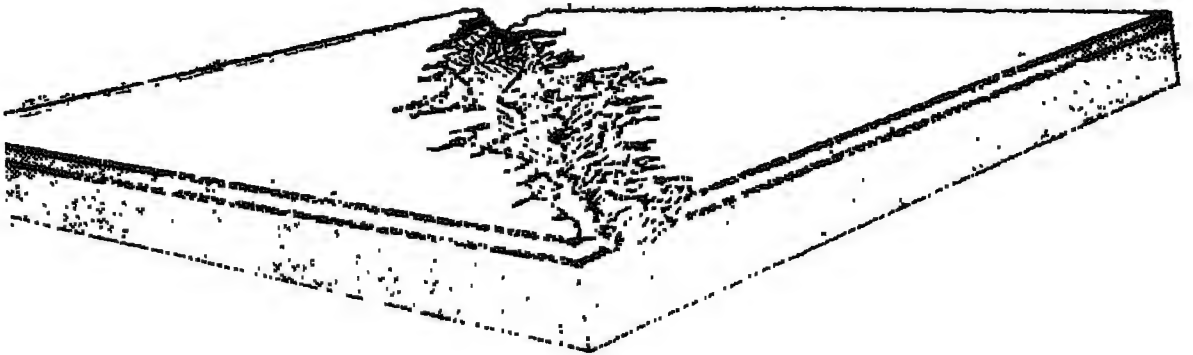
## المجسمات

تستخدم الرسوم البيانية المجسمة في تمثيل المظاهر الجيومورفولوجية في منطقة صغيرة من سطح الأرض . وتجمع المجسمات Block Diagrams بين رسم البانوراما وعمل النماذج التضاريسية البارزة Relief Models . كما يمكننا أن نوضح على جوانبها بعض التفاصيل الجيولوجية في المنطقة التي تمثلها .

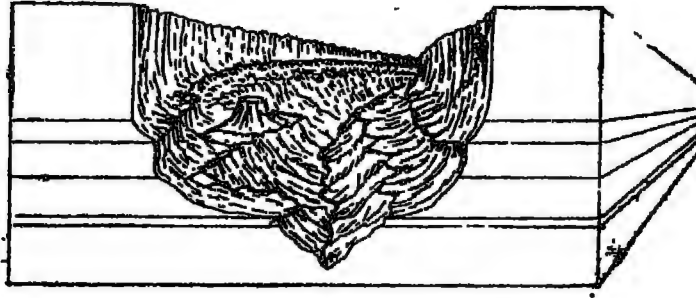
فالرسوم البيانية المجسمة تحقق إذن هدفين رئيسيين : أولهما أنها توضح مظاهر سطح الأرض Surface features ، وثانيهما أنها تمثل تكوينات البنية الداخلية Underground structure . فإذا كانت الخريطة تقتصر على تمثيل تفاصيل سطح الأرض فقط ، وتوضح القطاعات الجيولوجية لتكوينات البنية فحسب ، فإن المجسمات توضح السطح والبنية معاً . وفائدة الجمع بينهما في شكل بياني واحد هو أنه يساعد الدارس على أن يتبين إلى أى حد تؤثر مظاهر السطح أو تتأثر بالتكوينات الباطنية .

فضلاً عن هذا فإن المجسمات تعطينا صورة للمنطقة بأبعادها الثلاثة Three - dimensional picture ، بينما لا توضح لنا الخرائط أو القطاعات الجيولوجية إلا بمدين فقط . كما أن المجسمات تساعد الدارسين على معرفة طبيعة الأشكال الأرضية Landforms وربطها بالتكوينات الباطنية التي ترتكز عليها .

ولأنهم المجسمات بتوضيح كل التفاصيل المعقدة لسطح الأرض ، فهذه مهمة الخرائط ، ولكن المجسمات تختار بعض المظاهر الهامة التي يهتم الدارسون بإبرازها . وليس من الضروري أن تمثل هذه المظاهر بمقياس رسم ثابت ، بل يجب الضغط على بعض التفاصيل المختارة والمبالغة في مقياس رسمها حتى يتحقق التأثير Visual impression المطلوب .

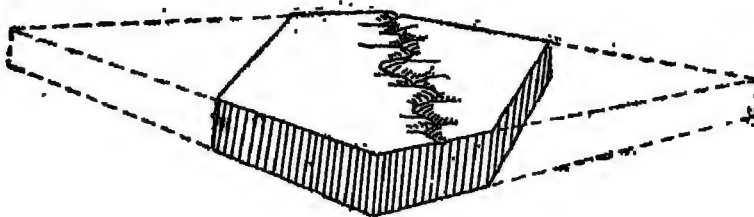


ويمثل سطح الجسم عادة كما يبدو للناظر من أعلى Bird's-eye view ولكن نقطة الرصد هذه قد يختلف موقعها من جسم إلى آخر فالشكل ( ١٧٧ ) يوضح مجسماً بفرض أن نقطة المراقبة التي يفترض أنه تمت منها عملية الرصد تقع في مكان مرتفع جداً ، بينما يوضح الشكل ( ١٧٨ ) مجسماً آخر ولكن بفرض أن نقطة المراقبة تقع في مستوى منخفض عن قمة الجسم نفسه .



شكل ( ١٧٨ )

وتتركز قيمة بعض المجسمات في النقطة الوسطى منها . بينما تتميز أطرافها بأن التفاصيل فيها تكون أقل وضوحاً وأكثر تشويهاً ، ومن ثم فإن رسم الجسم كاملاً في هذه الحالة يكون قليل الفائدة ، من حيث أنه سيشغل فراغاً كبيراً من الورق ، فضلاً عن عدم حاجتنا إلى معظم هذا الرسم . لذلك يمكننا في هذه الحالة أن نقطع أركان الجسم التي لا نكون في حاجة إليها ، فيظهر الرسم أكثر وضوحاً وبسيطاً .

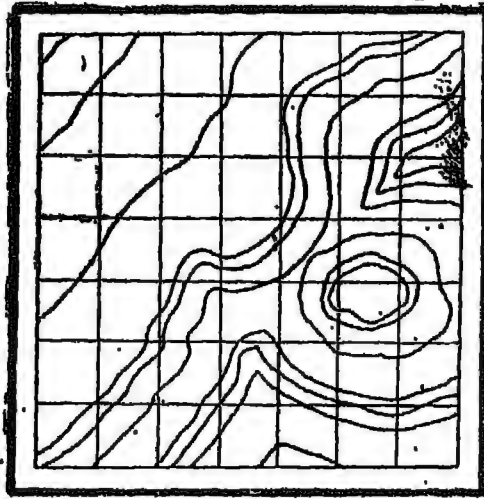


شكل ( ١٧٩ )

ورسم المجسمات إما من الخيال على أساس مشاهدة المنطقة أو معرفة وصف لها ، وإما بالاستمانة بخريطة تضاريسية للمنطقة المطلوب عمل مجسمات لها . وسنقتصر هنا على شرح أهم طرق إنشاء المجسمات التي تعتمد على الخرائط الكنتورية ، وذلك لدقتها وشيوعها .

(أولاً) : طريقة القطاعات المتعددة : Multiple - Section Method

١ - نبدأ الرسم بتغطية الخريطة الكنتورية للمنطقة المطلوب عمل رسم مجسم لها بشبكة من المربعات الصغيرة ( الشكل ١٨٠ ) .

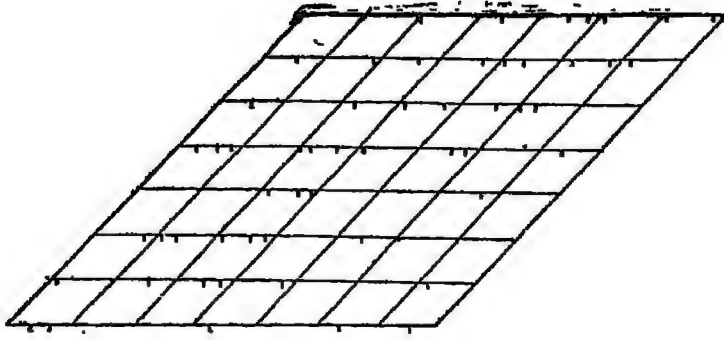


شكل ( ١٨٠ )

٢ - بعد ذلك نحدد اتجاه توجيه Orientation المجسم ، والذي يجب تحديده بدقة كبيرة ، فالناطق المرتفعة يجب أن تحتل مؤخرة الرسم ، بينما تظهر المنخفضات في مقدمة المجسم .

٣ - بعد توجيه المجسم نقوم بإسقاط شبكة المربعات الموجودة على الخريطة الكنتورية على معين Rhombus مع الاحتفاظ بنفس أطوال أضلاع المربعات . ونحدد الزاوية الواقعة بين قاعدة المعين والضلع المائل تبعاً للدرجة ميل المجسم . وقد أثبتت التجربة أن أنسب درجة ميل تتراوح بين  $30^{\circ}$  ،  $40^{\circ}$  .

٤ - بعد ذلك ننقل التفاصيل الموجودة على الخريطة إلى الشبكة التي تغطي المعين، وذلك بأن نقيم أعمدة عند أطراف المعين الأربعة ، وكذلك عند تقاطع كل خط أفقى من خطوط شبكة المربعات مع تفاصيل الخريطة مثل خطوط ونقط الارتفاعات والمجارى المائية .. الخ .

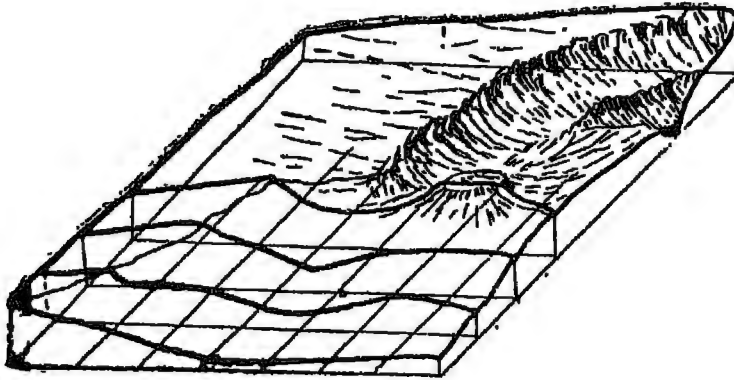


شكل ( ١٨١ )

٥ — نختار مقياس رسم رأسي للجسم على أن لا تتعدى المبالغة الرأسية في هذا المقياس عشرة أمثال المقياس الأفقي . أما إذا كانت المنطقة جبلية التضاريس ، فليس من الضروري اللجوء إلى المبالغة الرأسية ( الشكل ١٨١ ) .

٦ — نرسم قطاعات تضاريسية على طول كل خط أفقي من خطوط الشبكة ، وكذلك عند الأطراف الأربعة للأربعة للشكل ، وليس من الضروري أن نرسم كل قطاع ، فقد يقع بعضها في منطقة غير مرئية Dead - ground ( الشكل ١٨٢ ) .

٧ — أما المجارى المائية والمنحدرات وغيرها من الظاهر الهامة فإنها تضاف إلى الرسم من الخريطة مباشرة تبعاً لطبيعة القطاعات التضاريسية نفسها .

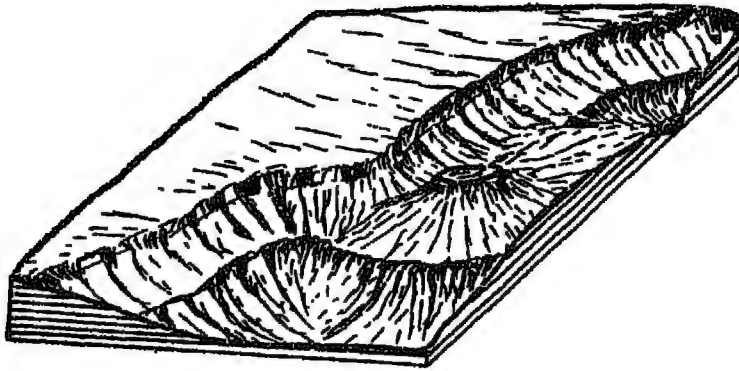


شكل ( ١٨٢ )

٨ — بعد ذلك نقوم بتظليل الرسم مستعينين بالقطاعات التضاريسية والمجارى المائية

وكل التفاصيل الأخرى . كما يجب الاستمانة بالخريطة الأصلية في نقل التفاصيل الصغيرة ،  
التي أغفلت القطاعات توضيحها .

٩ - بمد أن يتم رسم الجسم بالقلم الرصاص تقوم بتجوير أطرافه وإضافة كل  
التفاصيل ، كما تقوم بحذف كل الخطوط التي استمنا بها في الرسم ، مثل شبكة المربعات  
وخطوط القطاعات ( الشكل ١٨٣ ) .

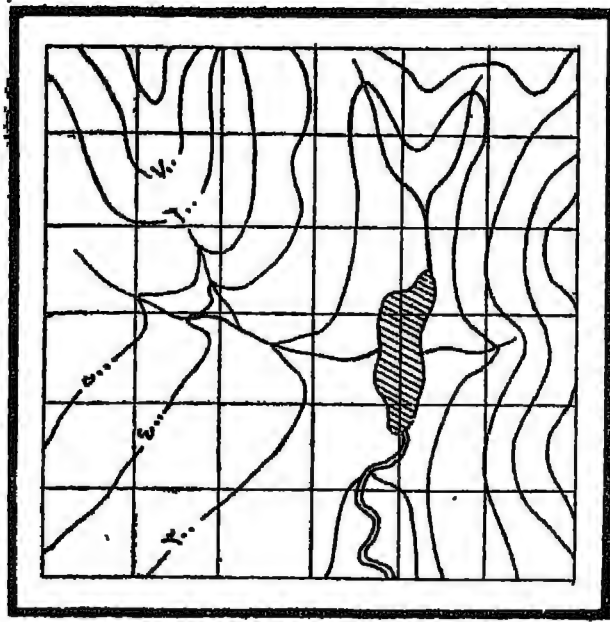


شكل ( ١٨٣ )

١٠ - يختم الرسم بإضافة بعض نقط المناسيب وأسماء بعض التلال والمجاري المائية  
وفيها من التفاصيل البارزة ، وكذلك برسم مقياس الرسم الأفقي والرأسي للجسم ، كما  
يمكن استخدام الألوان .

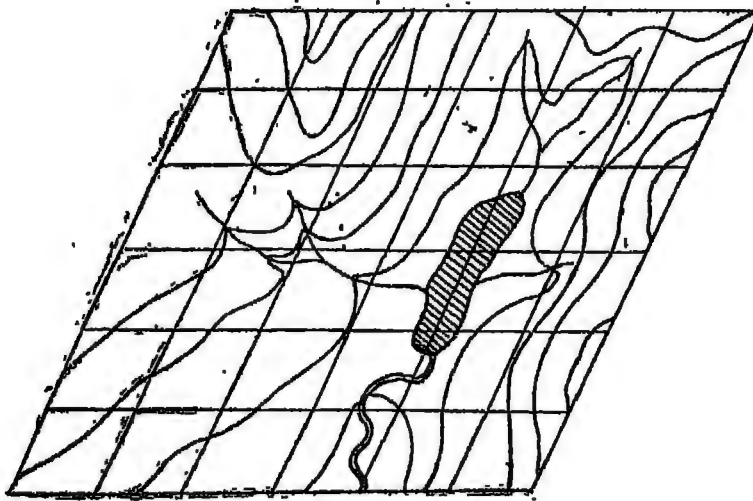
ثانياً) : طريقة الطبقات Layer Method

١ - في هذه الطريقة تقوم بتغطية الخريطة بشبكة مربعات ، ثم نقل الشبكة على شكل  
معين بزاوية تتراوح بين  $30^{\circ}$  ،  $45^{\circ}$  كما فعلنا في الطريقة السابقة ، مع مراعاة كل الاعتبارات  
التي ذكرناها ( الشكل ١٨٤ ) .



شكل (١٨٤)

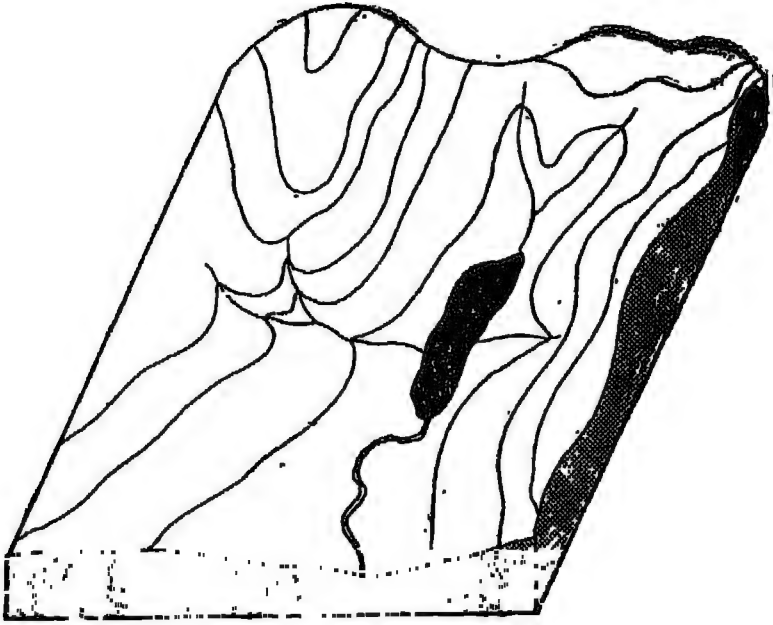
٢ - نقل مظاهر سطح الأرض الرئيسية مثل خطوط الكنتور والمجاري المائية والمساحات المائية إلى الشبكة المائلة، فظهر على هذه الشبكة الأخيرة نفس الخريطة الكنتورية ولكن بزاوية مائلة (الشكل ١٨٥).



شكل (١٨٥)

٣ — نختار مقياساً رأسياً معيناً بمبالغة رأسية إذا كان هذا ضرورياً ، ثم نرسم على ورقة مربعات إطار الشكل المائل ، ونقيم أعمدة في كل ركن من أركان الشكل تبعاً للمقياس الرأسى الذى اخترناه وليكن مثلاً ١ سم لكل ١٠ متر .

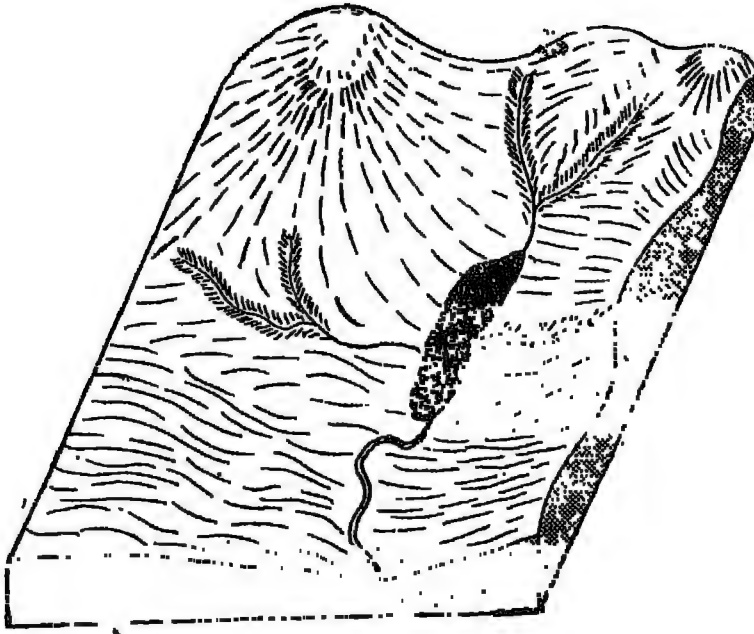
٤ — ننقل ورقة المربعات إلى الشكل المائل ، ثم نحركه على طول حافة الرسم ، ونرسم أعلى خط كنتور فى المنطقة تبعاً للمقياس الرأسى . ثم نحرك ورقة المربعات نحو خط الكنتور الأدنى ، ونرسم هذا الخط أيضاً تبعاً للمقياس الرأسى المستخدم، وهكذا حتى يتم توقيع جميع خطوط الكنتور تبعاً لمقياس رسم موحد .



شكل ( ١٨٦ )

- ٥ — بعد ذلك نرسم الجارى المائية والبحيرات وفقاً لارتفاعها النسبى الصحيح .
- ٦ — نكمل حافة الجسم بتوصيل نهايات خطوط الكنتور بين الأطراف الأربعة للشكل ( الشكل ١٨٦ ) .
- ٧ — يمكن إنهاء الجسم بالاستمانة بالخطوط الكنتورية الموقعة على الشكل الأخير ، وكذلك بكل التفاصيل الصغيرة فى تظليل الشكل . وتعتمد على التظليلات على خطوط الكنتور أو على الجارى المائية ( الشكل ١٨٧ ) .





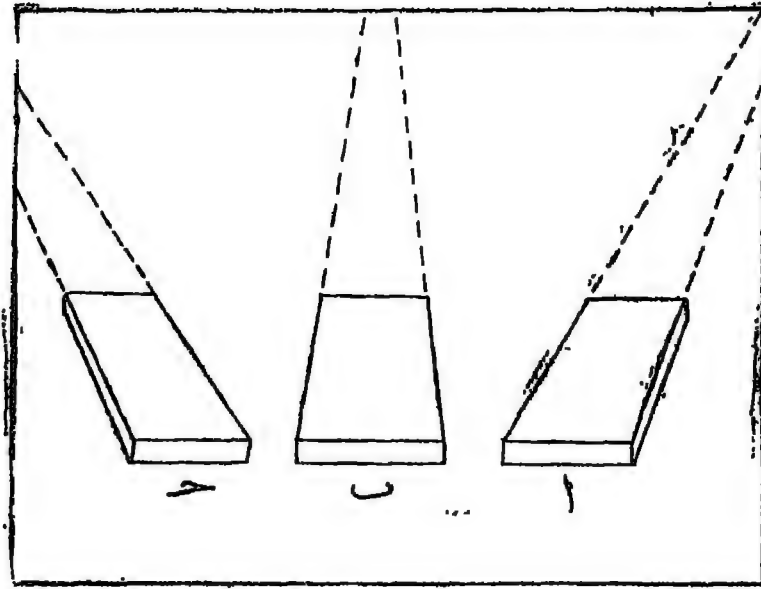
شكل ( ١٨٧ )

٨ — تضاف بعد ذلك أسماء الأماكن وأية معلومات قد يترأى لنا إضافتها إلى الجسم ، كما يمكن تلوين الرسم إذا كان ذلك ضرورياً .

(ثالثاً) : طريقة المنظور من نقطة واحدة : One—point Perspective

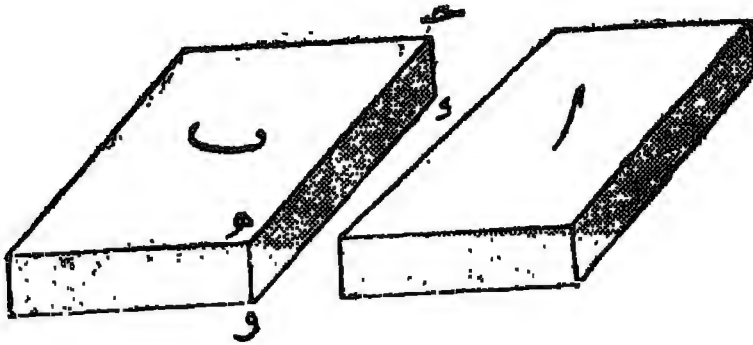
تتخذ واجهة الجسم في هذه الحالة شكل خط أفقي يوازي الحافة الخلفية للجسم ، أما جوانب الجسم فتظهر كما لو كانت تتجه إلى نقطة تلاشي بعيدة عند خط الأفق . ويوضح الشكل ( ١٨٨ ) بعض الأوضاع التي يمكن أن يظهر فيها الجسم المنظور من نقطة واحدة .

معنى هذا أن أبسط صورة للجسم المنظور من نقطة واحدة هي أن ترسم الحافة الخلفية للجسم أقصر من الحافة الأمامية ، كما ترسم جوانبه الخلفية أقصر من الجوانب الأمامية . ففي الجسم ( ب ) في الشكل ( ١٨٩ ) نجد أن الجانب الخلفي ( حـ ) يتفق في طوله واتجاهه مع الجانب الأمامي ( هـ و ) ومن ثم فإن الجسم يظهر بشكل مشوه . بينما نجد أن الجسم ( ا ) في الشكل



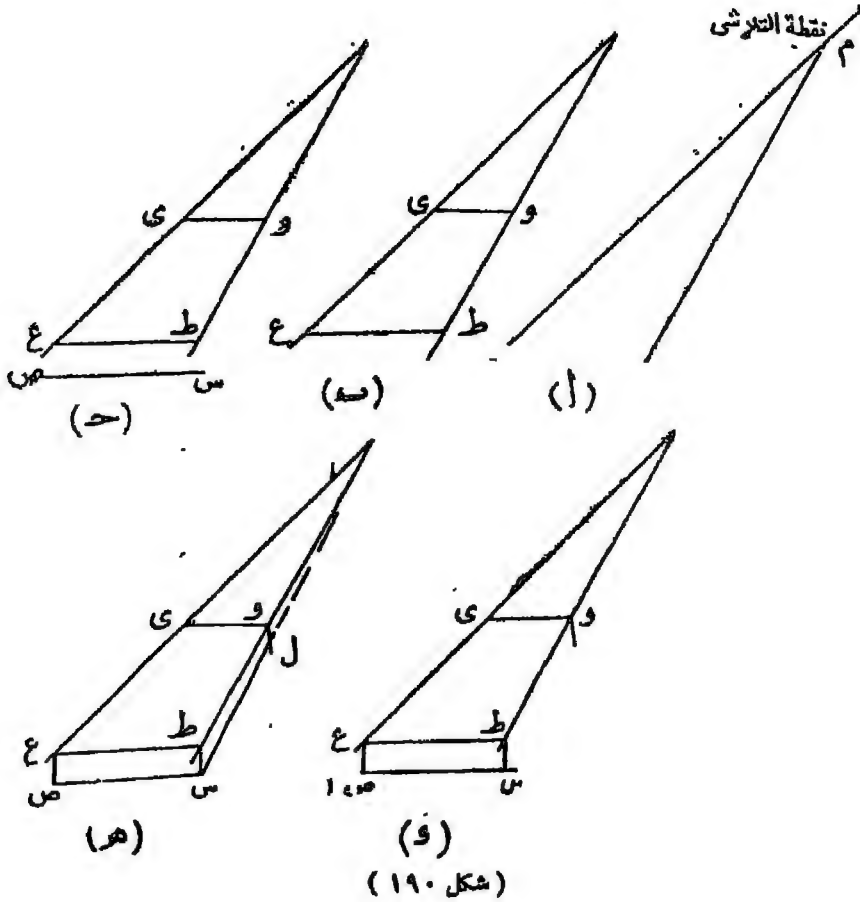
شكل ( ١٨٨ )

نفسه يظهر بشكل أدق حيث أن الجانب الخلفي لا يوازي أو يساوي الجانب الأمامي، ولكنه يظهر متجهاً نحو نقطة التلاشي.



شكل ( ١٨٩ )

ولرسم مجسم منظور من نقطة واحدة نقوم برسم النقطة (م) بالقرب من نهاية ورقة الرسم ويتفرع منها خطان في اتجاه موقع الجسم، وذلك باستخدام مسطرة طويلة ( الشكل ١٩٠ « أ » ). بعد ذلك نرسم الواجهة الخلفية (وى) والواجهة الأمامية (طع) كما في ( الشكل ١٩٠ « ب » ). ولرسم الجزء الأسفل من الواجهة الأمامية، نقوم برسم الخط (س ص) موازياً للخط (طع) ولكننا نحافظ بتناسب مع طبيعة المنظور ( الشكل ١٩٠ « ج » ). ثم نكمل الواجهة



برسم الحافتين الرأسيتين (ط س)، (ع ص) كما في (الشكل ١٩٠ «س»)، أما جانب الجسم الذي يظهر للمشاهد في رسم بتوصيل نقطة (س) بنقطة التلاشي (م). وينتهي الرسم بأن نسقط عموداً رأسياً من نقطة (و) ليقابل الخط (س م) في نقطة (ل)، وبذلك يتم رسم هيكل الجسم المنظور من نقطة واحدة (الشكل ١٩٠ «هـ»).

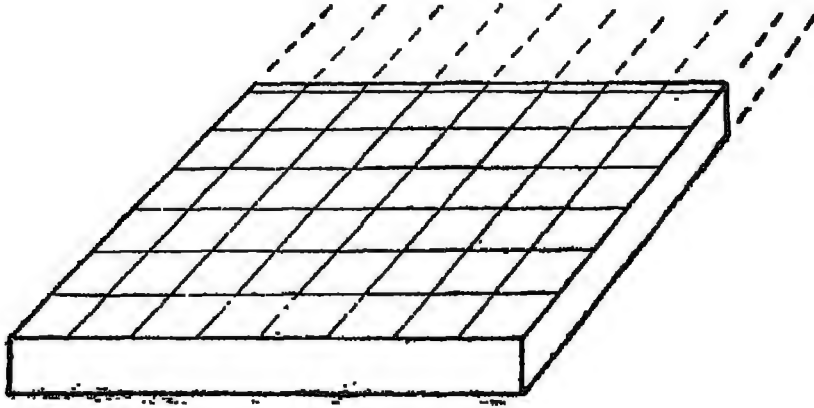
رسم الجسم من الخرائط الطبوغرافية :

يمكن أن يرسم الجسم المنظور من نقطة واحدة من الخرائط الطبوغرافية الكبيرة المقياس لمناطق صغيرة المساحة. فنقوم برسم شبكة من الربعات الصغيرة فوق الخريطة الطبوغرافية (الشكل ١٩١)، ثم نرسم هيكل الجسم بالطريقة التي شرحناها في الشكل (١٩٠).



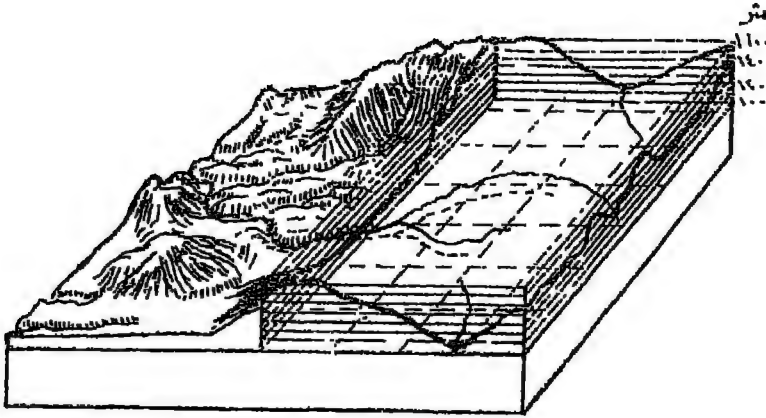
شكل ( ١٩١ )

وبعد ذلك تقوم بتقسيم سطح الجسم إلى نفس العدد من المربعات التي تنقسم إليها الخريطة الطبوغرافية ( الشكل ١٩٢ ) .



شكل ( ١٩٢ )

ويمثل سطح الجسم بعض الظواهر الطبوغرافية المختارة . ولا يشترط دائماً أن يمثل سطح الجسم أدنى ارتفاع في الخريطة . وبعد تحديد أدنى مستوى في الجسم ، تقوم برسم أربعة أعمدة حول الجسم وقياس على أساسها ارتفاع المظاهر الطبيعية وانخفاضها عن مستوى القاعدة الذي اخترناه ، مع ضرورة المبالغة في المقياس الرأسى ، على أن تختلف هذه المبالغة من نقطة لأخرى ، فتكون المبالغة قليلة في المناطق الجبلية وكبيرة في المناطق المستوية .



شكل (١٩٣)

وبعد رسم القطاعات حول أركان الجسم الأربعة ، نقوم برسم نظم التصريف المائي الموجودة في المنطقة والتي يجب الاهتمام بتوضيحها ، لأن كل المظاهر الطبوغرافية الأخرى في المنطقة توقع وفقاً لموضع المجارى المائية . ثم نختتم رسم الجسم برسم التلال والجبال بواسطة الهاشور ، ثم نضيف الرموز الإصطلاحية ونكتب أسماء المعالم الرئيسية في المنطقة سواء داخل الجسم نفسه أم خارجه .

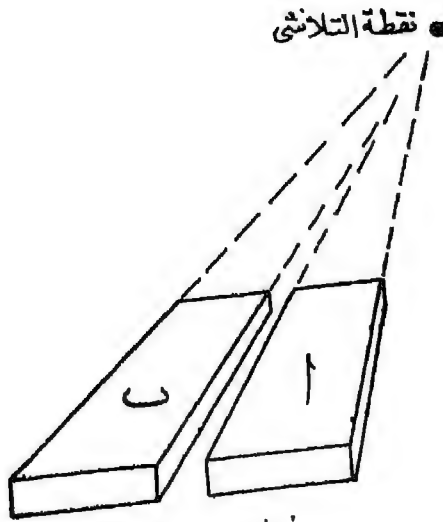
#### رسم التكوينات الجيولوجية على جانبي الجسم :

لرسم التكوينات الجيولوجية على جانبي الجسم ، يجب أن تكون هذه الجوانب متسعة بشكل يسمح بتوقيع القطاعات الجيولوجية عليها بشكل واضح . فالجسم ( ب ) في الشكل ( ١٩٤ ) يفضل الجسم ( ١ ) من حيث أن الأول يتسم بجوانب متسعة تسمح بسهولة رسم التكوينات الجيولوجية عليها .

وتختلف طرق رسم التكوينات الجيولوجية على جانبي الجسم تبعاً لاختلاف هذه التكوينات . ولكننا سنقتصر هنا على شرح أهم هذه الطرق :

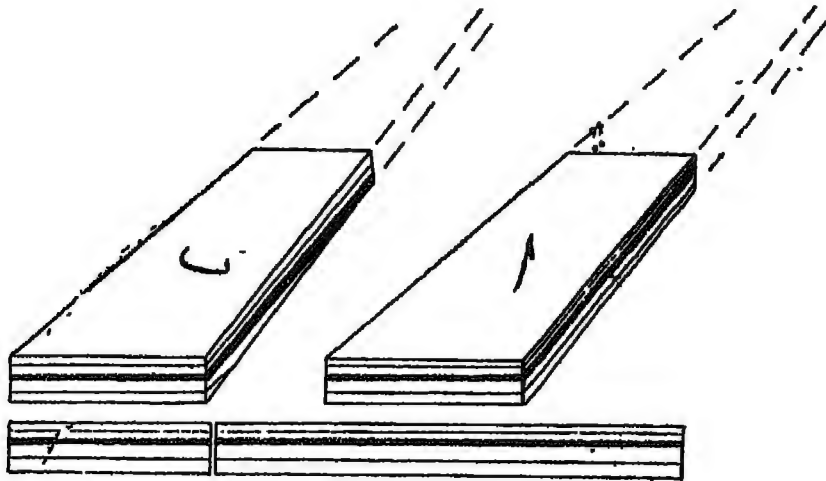
#### الحالة الأولى : إذا كانت الطبقات الجيولوجية متوازية فتنتقل هذه الطبقات على

جانب الجسم متجهة نحو نقطة التلاشي ، أما الطبقات التي ستنتقل على الواجهة فت رسم كجأى ويوضح الشكل ( ١٩٥ ) هذه الحالة ، ومنه يتضح لنا أنه لو احتفظت الطبقات الجيولوجية بنفس اتجاهها الذى تظهر به في القطاع الجيولوجى لتقاطعت مع جانب الجسم



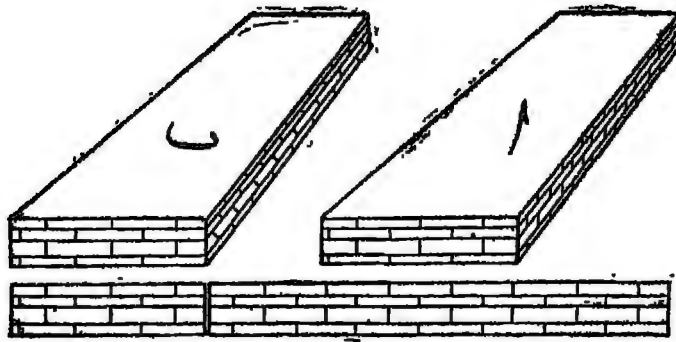
شكل (١٩٤)

(الشكل ١٩٥ «ب» ) ، بينما اتجاهها نحو نقطة التلاشي يظهرها كاملة ومتناسقة مع الشكل العام للمجسم ( الشكل ١٩٥ «ا» ) .



شكل (١٩٥)

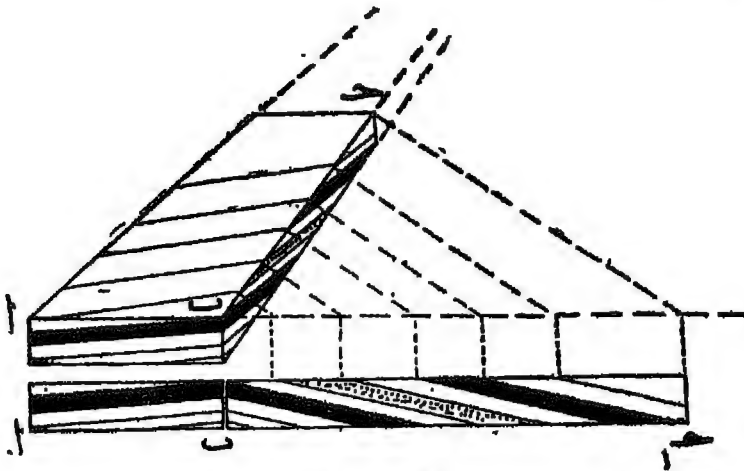
الحالة الثانية : إذا كانت الطبقات الجيولوجية طبقات حجرية متوازية ، فيجب أن توازي الخطوط القاطمة للطبقات حواف الجسم على جانبه الذي يظهر للرسم ، لأن تمامها على حافات الجسم لا يتناسب مع طبيعته المنظور .



شكل (١٩٦)

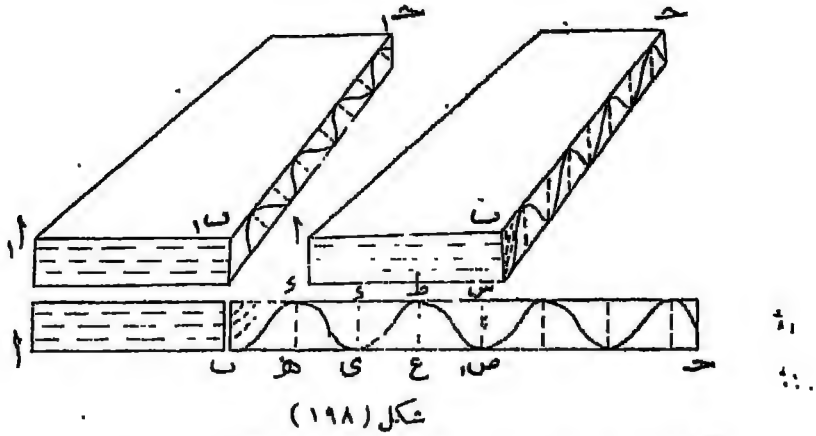
ويوضح الجسم (١) من الشكل (١٩٦) الطريقة الصحيحة لتوقيع مثل هذه الصخور على جانبي الجسم ، بينما يوضح الجسم (ب) من الشكل نفسه الطريقة التي يجب تجنبها عند رسم مثل هذه الصخور .

الحالة الثالثة : إذا كانت الطبقات الجيولوجية مائلة فيجب أن ترسم بعناية كبيرة . فالقطاع الجيولوجي (١، ب) يوقع على جانب الجسم (١، ب) كما هو بدون تفسير . أما القطاع (ب، ح) فينقل على الجانب (ب، ح) مع مراعاة قواعد المنظور . فنقيم أعمدة عند كل تقاطع للطبقات المائلة مع حافة القطاع الجيولوجي كما في الشكل (١٩٧) ثم نوصل نهاية القطاع (ح، ١) بنهاية الجسم (ح) . وبذلك نرسم خطوطاً موازية للخط (ح، ١) تتقاطع مع الجسم على طول الخط (ب، ح) . ومن نقط التقاطع هذه نرسم الطبقات المائلة كما يوضحها الشكل (١٩٧) .



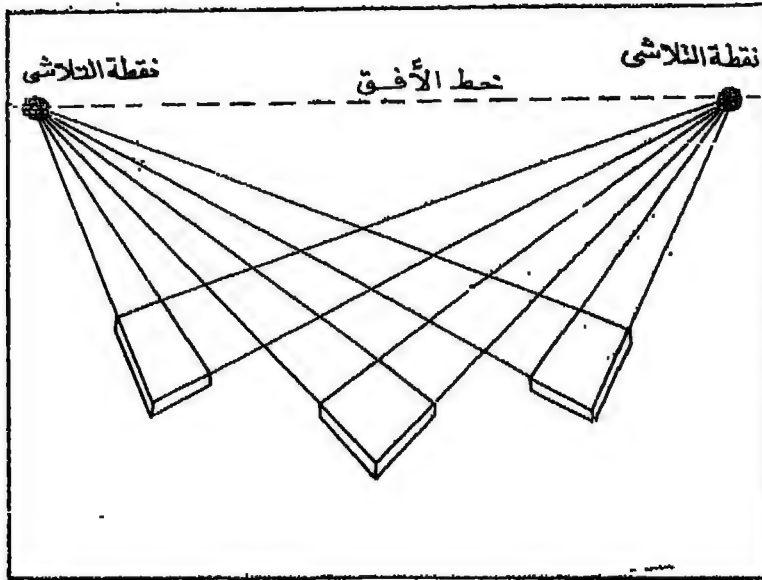
شكل (١٩٧)

الحالة الرابعة : إذا كانت الطبقات الجيولوجية ملتوية فنقوم بتحديد قمة Crest كل التواء وقاعه Keel على حافة القطاع الجيولوجي ، ونسقط من القمم ونقيم على القيعان أعمدة مثل ( و ه ) ، ( و ي ) ، ( ط ع ) ، ( س ص ) ..... الخ ، ثم ننقل هذه الأعمدة إلى جانب الجسم مع مراعاة اتجاه الخطوط المتعامدة عليها صوب نقطة الثلاثي كما في الشكل ( ١٩٨ ) .



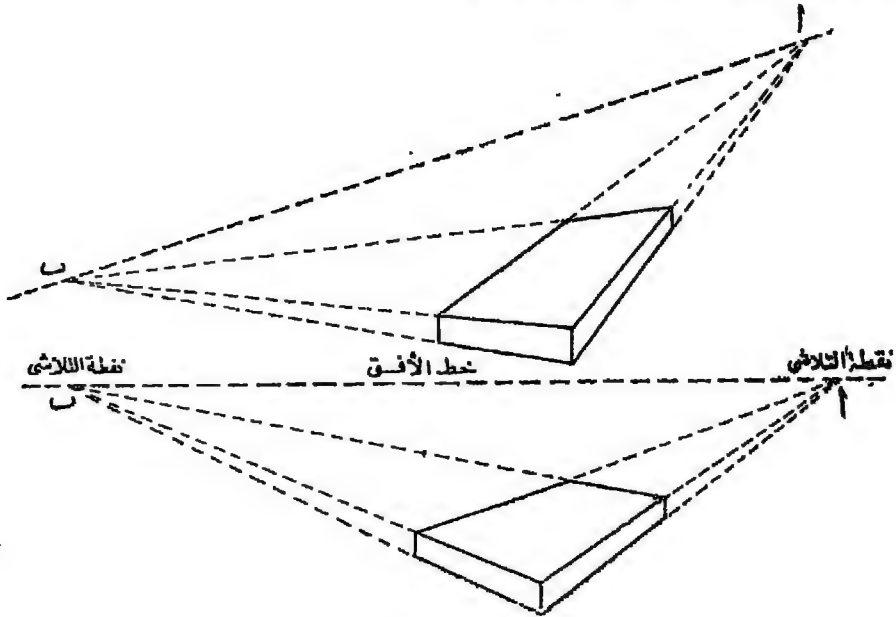
( رابعاً ) : طريقة المنظور من نقطتين : Two-point Perspective

يوضح الجسم المنظور من نقطتين جانبيين في مواجهة الرانب (الرسم) يتجه كل منهما نحو نقطة تلاش مختلفة . ويختلف شكل الجسم تبعاً لاختلاف نقطتي التلاشي ( الشكل ١٩٩ ) . ويجب أن تكون نقطتي التلاشي على خط أفقي واحد هو خط الأفق . أما إذا كان خط الأفق مائلاً فإن المنظور لا يكون صحيحاً ، ويصبح الجسم النساجج عن ذلك غير دقيق كما في ( الشكل ٢٠٠ ) .





وبعد رسم هيكل الجسم المنظور من نقطتين ، نوقع عليه كل التفاصيل الطبوغرافية .  
والقطاعات الجيولوجية وتنقل التفاصيل من الخرائط الطبوغرافية بنفس الطريقة التي  
شرحناها في الجسم المنظور من نقطة واحدة .

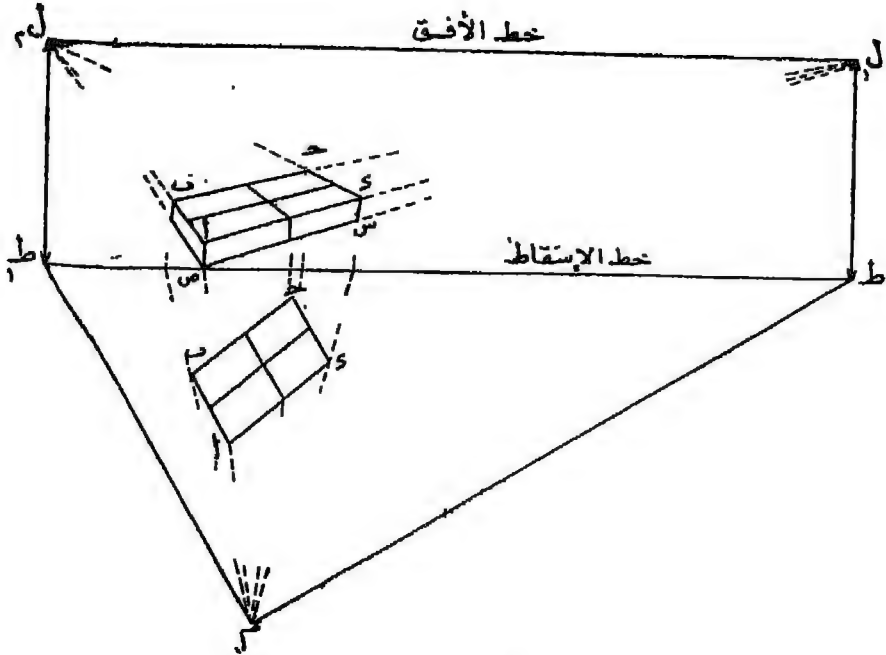


شكل ( ٢٠٠ )

#### ( خامساً ) : طريقة المنظور الصحيح : Exact Perspective

تعتبر هذه الطريقة أدق طريقة لرسم المجسمات من أية نقطة . ولرسم هيكل الجسم من واقع الخريطة الطبوغرافية ، نقوم بوضع هذه الخريطة في الوضع المائل الذي سننظر منه إليها ، ثم نسقط أطراف الخريطة ( ا ب ح د ) من نقطة الرصد ( م ) على سطح رأسي ( ط ط ) ، وذلك بأن نرسم أشعة من نقطه ( م ) إلى أطراف الخريطة ( ا ) ، ( ب ) ، ( ح ) ، ( د ) ، ونمد هذه الأشعة على استقامتها لتلتقي بالخط ( ط ط ) ، ثم نقيم من نقط التقاطع هذه أعمدة لتحديد لنا أطراف الجسم .

وبعد ذلك نرسم خط الأفق ( ل ل ) موازياً للخط ( ط ط ) وبارتفاع يمثل مدى السمك الذي نريد أن نوضح به الجسم . أما نقطتي ( ل ل ) ، ( ل ل ) فتمثلان نقطتي التلاشي بالنسبة للجسم . وتقاطع الأشعة التي تخرج من نقطتي التلاشي مع الأعمدة القائمة على الخط ( ط ط ) تحدد لنا أطراف الجسم . أما سمك جوانب الجسم والتي يوضحها الخطان ( ا ص ) ، ( د س ) فتم وفقاً لرغباتنا .



شكل (٢٠١)

وواضح أن كبر الجسم أو صغره يتوقف على المسافة التي تفصل بين خط الإسقاط (ط ط) ونقطة المراقبة (م) .

ويحدث في بعض الأحيان أن تظهر نقطتي التلاشي على مسافة بعيدة جداً من الجسم . ولتجنب هذا الوضع يجب ألا نضع الخريطة في وضع تقل فيه الزاوية بين حافتها (ب ب) وبين خط الإسقاط (ط ط) عن  $30^\circ$  على الأقل . كما يمكننا إذا كانت هناك حاجة ملحة لمثل هذا المثل أن نرسم الجسم بحجم صغير ثم نكبره بعد ذلك .

## الفصل الخامس خرائط المناخ

توقع بيانات الأرصاد الجوية على نوعين أساسيين من الخرائط :

النوع الأول هو خرائط الطقس Weather maps حيث يتم توقع تلك الأرصاد باستخدام الرموز Symbols ، فيعطى لكل ظاهرة رمز معين متفق عليه دولياً ، ثم توقع الرموز على الخريطة ببحوار كل محطة أرصاد على حدة . وترسم خرائط الطقس يومياً ، ثم تحلل الخريطة لإجراء التنبؤات الجوية Weather Forecasting في الأربع والعشرين ساعة التالية لإنشاء الخريطة . ولا يلقى هذا النوع من الخرائط اهتماماً كبيراً من الجغرافيين .

أما النوع الثاني من الخرائط فهو خرائط المناخ Climatic maps . وإذا كانت خرائط الطقس تستخدم الرموز ، فإن خرائط المناخ تعتمد على المتوسطات Means . وإذا كانت البيانات التي توقع على خرائط الطقس بيانات مطلقة Absolute فإن البيانات التي توقع على خرائط المناخ تتعرض للتعديل في كثير من الأحيان ، لاسيما بالنسبة لمستوى سطح البحر . وتعد خرائط الطقس على الأرصاد اليومية ، بينما تستخدم خرائط المناخ متوسطات أرصاد عدد كبير من السنوات بحسن الا يقل عن ٣٥ سنة .

وتوقع جميع بيانات الأرصاد الجوية على خريطة الطقس حتى يمكن الربط بين العناصر الجوية المختلفة التي تؤثر في الطقس للوصول إلى تنبؤ سليم للتغيرات الجوية اليومية . ولذلك فإن هذا النوع من الخرائط يشتمل على أرصاد لدرجة الحرارة والرياح (من حيث السرعة والاتجاه) ونقطة الندى ومدى الرؤية والصقيع والضباب والطقس الغابر Past weather ونوع السحاب وارتفاعه ودرجة سطوع الشمس ، كل ذلك في خريطة واحدة وبالنسبة لكل محطة أرصاد بها .

أما خريطة المناخ فلا توضح سوى ظاهرة مناخية واحدة ، فهناك خريطة لدرجة الحرارة أخرى للضغط وثالثة للأمطار وهكذا . وإذا استخدمت الألوان فيمكن الجمع بين أكثر من ظاهرة مناخية ، كأن ترسم كميات الأمطار باللون الأزرق وخطوط الحرارة باللون الأحمر وتوضح اتجاهات الرياح بأسهم سوداء اللون مثلاً .

ومن هذا المفهوم لخرائط المناخ فسنتقصر — في هذا الفصل — على شرح أهم الطرق الكارتوجرافية المستخدمة في تمثيل العناصر المتيورولوجية على الخرائط .

### ١ (أولاً) خطوط الحرارة المتساوية

تعتبر درجة الحرارة من أهم العوامل المؤثرة في المناخ ، فهي وحدها التي تتحكم في توزيع الحياة على سطح الأرض ، لأن جميع العناصر الجوية الأخرى ترتبط بها ارتباطاً وثيقاً .

ومما يساعدنا على فهم درجات الحرارة ودراساتها هو أن نعمل على توزيعها على سطح الأرض بواسطة خطوط الحرارة المتساوية Isotherms لتصل بين الأماكن التي تتساوى متوسطاتها الحرارية بعضها ببعض .

وأشهر المتوسطات المستخدمة في حساب درجة الحرارة هي المتوسطات الشهرية والمتوسط السنوى .

وهناك نوعان من المتوسطات الشهرية : —

١ — المتوسط الشهري الحقيقى ( True monthly mean ) ونحصل على هذا المتوسط ، بحساب الأرصاد التى تم كل ساعة على مدار الشهر . فإذا كان الشهر مكوناً من ثلاثين يوماً فإن المتوسط الشهري الحقيقى  $24 \times 30 = 720$  قراءة

$$= \frac{\text{أرقام } 270 \text{ قراءة}}{270} . \text{ وهكذا .}$$

٢ — المتوسط الشهري ( Monthly mean ) =  $\frac{\text{متوسطات الثلاثين يوماً}}{30} .$

ولا يجدى حساب المتوسط الشهري لشهر معين — وليكن شهر يوليو مثلاً — في الدراسات المناخية ، لأنه يحتمل شذوذ درجة حرارة هذا الشهر في سنة معينة مما يضاعف الثقة في هذا الرقم . ومن ثم فإننا نحصل على المتوسط الشهري للدرجة الحرارة بقسمة متوسط الحرارة في نفس الشهر — يوليو — على مدار عدة سنوات بحسن ألا تقل عن ٣٥ سنة .

وهناك أيضاً نوعان من المتوسطات السنوية : —

١ — المتوسط السنوى الحقيقى ( True annual mean ) وهو عبارة عن

مجموع المتوسطات اليومية الحقيقية

٣٦٥ أو ٣٦٦

$$٢ - \text{المتوسط السنوى (Annual mean)} = \frac{\text{مجموع المتوسطات الشهرية}}{١٢}$$

والنوع الثانى — سواء فى المتوسطات الشهرية أو السنوية — هو الأكثر شيوعاً واستخدماً لسهولة حسابه ، فضلاً عن أن الفارق فى المجهود بين النوعين فى كل من المتوسطات الشهرية والسنوية لا يتناسب مع الفارق الضئيل فى النتائج النهائية لكل منهما .  
طريقة رسم خطوط الحرارة المتساوية :

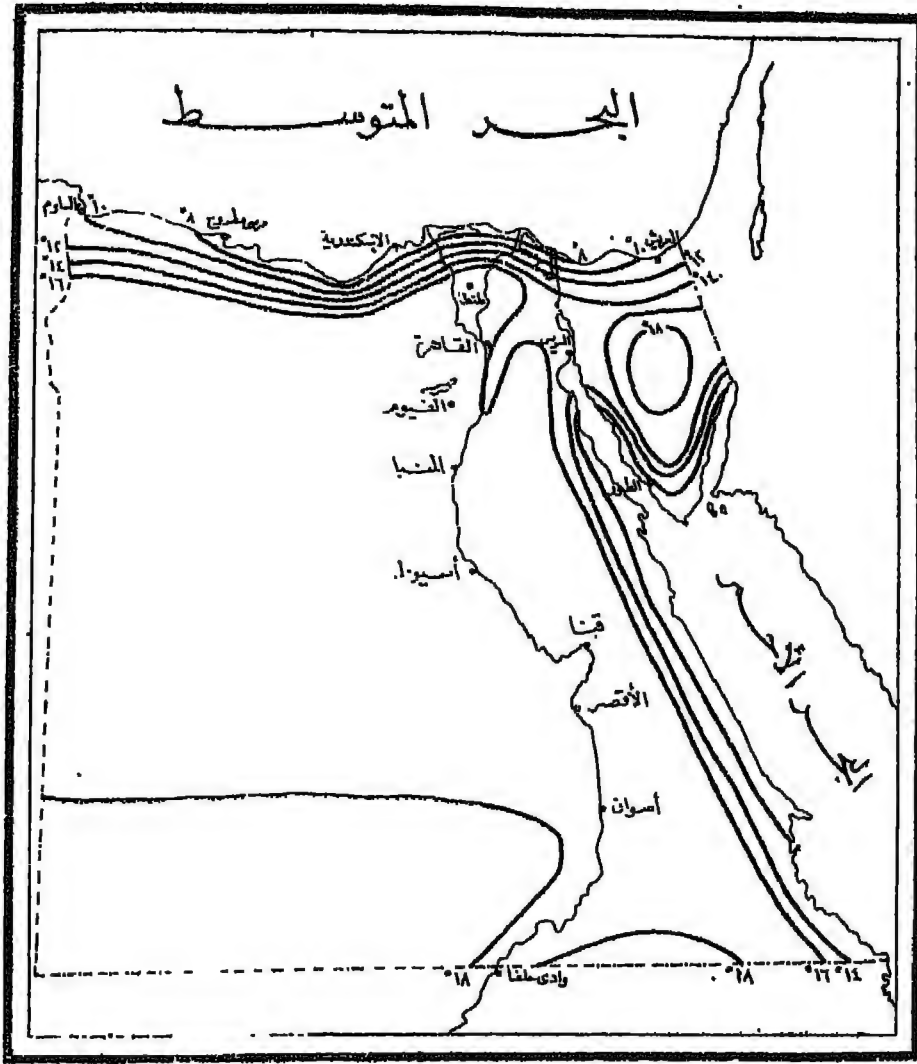
نبدأ عملية رسم خطوط الحرارة المتساوية بكتابة متوسط درجة حرارة كل محطة بجوار المحطة الموضحة على الخريطة بعد تعديل هذا المتوسط لكي يمثل درجة الحرارة عند مستوى سطح البحر، بمعنى أنه يجب أن نحسب درجة حرارة المكان على فرض أنه موجود فى مستوى سطح البحر<sup>(١)</sup> .

ويجرى هذا التعديل بإضافة درجة مئوية واحدة لكل ارتفاع قدره ( ١٥٠ متراً )<sup>(٢)</sup> . فإذا علمت أن ارتفاع مدينة لوكا Loka فى السودان هو ٩٦٥ متراً ، ومتوسط درجة حرارتها فى شهر يناير هو ٢٦٫٤°م ، فيصبح متوسط درجة حرارتها المعدل لمستوى سطح البحر

$$= ٢٦٫٤ + \frac{٩٦٥}{١٥٠} = ٢٦٫٤ + ٦٫٤ = ٣٢٫٨°$$

فنكتب هذا المتوسط الأخير ( ٣٢٫٨° ) أمام مدينة لوكا ونواصل العمل بنفس الطريقة فى المحطات التى توضيحها الخريطة ، ثم نوصل المحطات ذات المتوسط الواحد ببعضها ببعض .  
(١) فى الدراسات التفصيلية للحرارة يمكن رسم خرائط الحرارة المتساوية على أساس درجات الحرارة الفعلية دون تعديلها لمستوى سطح البحر .

(٢) لزيادة الدقة يمكن أن يتم التصحيح بنسبة درجة مئوية واحدة لكل ٢٥٠ متراً فى الشتاء ، ودرجة مئوية واحدة لكل ١٤٠ متراً فى الصيف ، ودرجة مئوية واحدة لكل ١٨٠ متراً للمتوسطات السنوية . ولكن الأمر الشائع هو استخدام درجة مئوية واحدة لكل ١٥٠ متراً . أما فى البلاد التى تستخدم الوحدات الإنجليزية فى القياس ، فيجرى التصحيح بنسبة ثلاث درجات فهرنهايت لكل ١٠٠٠ قدم .



شكل (٢٠٢)

خطوط الحرارة المتساوية في الجمهورية العربية المتحدة في شهر يوليو

بخط واحد يكتب عليه هذا المتوسط ، فيكون هو خط الحرارة المتساوى للأما كن التي يمر بها . وهكذا ترسم على الخريطة عدة خطوط يمثل كل منها متوسطاً حرارياً ممياً ، ويحسن دائماً أن يكون الفاصل الرأسى بين خطوط الحرارة المتساوية فاصلاً موحداً .

ورغم بعض العيوب التي تتخلل فكرة خطوط الحرارة المتساوية ، من حيث أنها لا تمثل درجات الحرارة الحقيقية ، بل تمثل الدرجات الإسمية المدلة لمستوى سطح البحر ، ومن حيث أنها قد تمطينا فكرة غير صحيحة من حالة المناخ العامة ، إذ أنها توصل بين نقطتين متوسط

حرارتها واحد على مستوى سطح البحر مهما اختلفت أحوال المناخ بينهما ، إلا أن هذه الطريقة من أكثر طرق تمثيل درجات الحرارة شيوعاً واستخداماً لبساطة طريقة إنشائها .

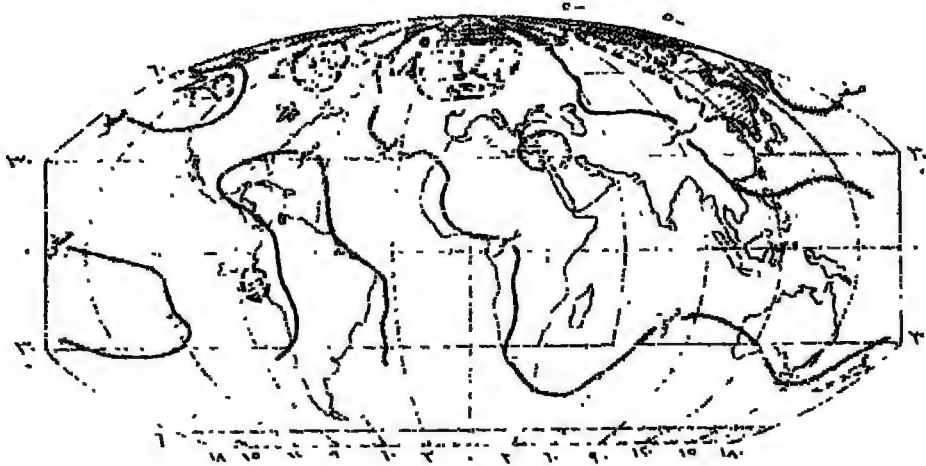
### ١- (ثانياً) خطوط الشذوذ الحرارى المتساوى

يفضل كثير من علماء المناخ استخدام خطوط الشذوذ الحرارى *Isanomals* في دراسة توزيع الحرارة في العالم ، ويفضلونها على خطوط الحرارة المتساوية . وتتم خطوط الشذوذ الحرارى المتساوى *Isopleths of anomalies* بالمناطق التى تشذ درجة حرارتها عن الدرجة العادية لخطوط المرض . ويقصد بالشذوذ الحرارى أنه الفرق بين متوسط حرارة أى مكان مصححة لمستوى سطح البحر ومتوسط حرارة خط المرض الموجود عليه هذا المكان . ويتم تحديد الدرجة العادية لخط المرض على النحو التالى : —

بعد تعديل متوسط درجة حرارة المحطات التى توضحها الخريطة إلى مستوى سطح البحر ، نختار عدداً معيناً من المحطات التى تقع على خط عرض واحد ، والتى تبتعد عن بعضها بمسافات متساوية ، ثم نقسم مجموع قراءات تلك المحطات على عدد المحطات نفسها ، فنحصل بذلك على درجة الحرارة العادية لخط المرض . ونكرر العمل فى كل خطوط المرض التى تشتمل عليها الخريطة .

وبعد الحصول على متوسط حرارة كل محطة أرصاد ، سنجد أن كل محطة تشذ إيجابياً أو سلبياً عن درجة الحرارة العادية لخط المرض . عندئذ نحسب هذا الشذوذ سواء كان بالوجب أم بالسالب ، ثم نقوم برسم خط يجمع بين المحطات ذات الشذوذ الموجب الواحد بعضها ببعض ، وذات الشذوذ السالب الواحد بعضها ببعض أيضاً .

وكثيراً ما تستخدم خطوط الشذوذ الحرارى فى المناطق الجبلية للمقارنة بين طبيعة الحرارة على السفوح الشمالية للمرتفعات وبينها على سفوحها الجنوبية . ولا يتم تعديل درجات الحرارة فى مثل تلك المناطق إلى مستوى سطح البحر ، بل يؤخذ متوسط درجة حرارة بعض المحطات المنتشرة الموزعة فى الإقليم كله على مستويات مختلفة الارتفاع .



( شكل ٢٠٣ )

خطوط الشذوذ الحرارى السنوى المتساوى فى العالم  
مناطق الشذوذ الحرارى الموجب الرئيسية مهيمنة بخطوط مستمرة ومناطق الشذوذ الحرارى  
السالب مهيمنة بخطوط متقطعة

ويوضح الشكل ( ٢٠٣ ) خريطة لخطوط الشذوذ الحرارى المتساوى فى العالم .  
وبتحليل الخريطة نجد أنها توضح مناطق الشذوذ الواضحة فى العالم ، فهى تبين منطقتين  
واضحتين من « مناطق الشذوذ الحرارى الموجب Thermopoleions » تتركزان فى شمال  
غرب أوروبا والشرق الأوسط ، بينما توضح أربع « مناطق للشذوذ الحرارى السالب  
Thermomeleions » تتركز أكبرهن فى شمال شرق آسيا والثلاث انباقيات فى الأمريكتين .

### ٢٠٤) خطوط الضغط المتساوى

ترجع أهمية رسم خطوط الضغط المتساوى إلى تأثير الضغط الجوى فى سرعة الرياح  
واتجاهها ، إذ هى تتبع تدرج الضغط وتخفض لحكمه ، حيث يتوقف اتجاه الرياح وسرعتها على  
شكل المنحدر البارومتري Barometric slope أو منحدر الضغط Pressure gradient .  
ويقدر الضغط الجوى بارتفاع عمود من الزئبق مكافئ له فى الوزن . ويبلغ الضغط الجوى



عند مستوى سطح البحر ( وهذا هو الضغط الجوي المادى ) ٧٦٠ ملليمتر<sup>(١)</sup> .

وترسم خطوط الضغط المتساوى بنفس طريقة رسم خطوط الحرارة المتساوية ، ولكن بعد تصحيحها لمنسوب سطح البحر ، على أساس أن الضغط الجوى يهبط بمقدار ملليمتر فى المتوسط كلما ارتفعنا ١٣ متراً .

كذلك يصحح الضغط الجوى لدرجة الصفر المئوى ، لأن تأثير الحرارة على ممدن البارومتر لا يتساوى فى مختلف المناطق لاختلاف حرارتها ، ولذا انتخب الصفر المئوى ليكون أساساً للمقارنة . ويستخرج التصحيح اللازم طرحه من جداول خاصة ويبلغ مقداره  $1\frac{1}{4}$  ملليمتر لكل عشر درجات فى المتوسط .

فضلا عن هذا فإن أرقام الضغط الجوى تصحح بالنسبة لخط عرض المكان نظراً لاختلاف تأثير جاذبية الأرض على عمود زئبق البارومتر فى خطوط العرض المختلفة ، فيكون كبيراً عند القطبين وصغيراً عند خط الإستواء ، ولذا فقد اختيرت الجاذبية عند خط عرض  $45^\circ$  لىكون أساساً للتوحيد . وتستخرج التصحيحات اللازمة من جداول خاصة ويبلغ مقدارها ٢ ملليمتر فى المناطق الاستوائية و ٢ + ملليمتر عند القطبين .

وتستخرج التصحيحات الخاصة بالحرارة وبالبعد عن خط عرض  $45^\circ$  من جداول خاصة ، ولتأخذ الجدول التالى مثالا لذلك :

إذا فرضنا أن قراءة الترمومتر الملاصق كانت  $23^\circ$  م ، وأن قراءة البارومتر كانت ٧٥٤ر٢ ملليمتر ، فإننا ننظر فى القراءات البارومترية الواردة بالجدول ثم ننتخب منها القراءة القريبة من ٧٥٤ر٢ أى ٧٥٠ ، فيكون التمديل المطلوب هو العدد المقابل لـ ٢٣ وهى قراءة الترمومتر الملاصق أى ٣ر٥ وهذا هو العدد المطلوب إسقاطه .

(١) لا تعتبر الأبحاث الحديثة وجود وزن « لضغط » الهواء ، لأن « الضغط » عبارة عن قوة مرنة يسهل تقديرها بوحدة القوة وتعرف « بالداين Dyne » وهو عبارة عن القوة اللازمة لتوليد وحدة العجلة فى جرام واحد ويمكن تقديره على وجه التقريب بمليجرام . وعلى ذلك فقد انتخبت وحدة جديدة للضغط الجوى أطلق عليها اسم « مليبار Millibar » وهو عبارة عن جزء من ألف جزء من البار يعادل ضغط « ميغادين Migadyne » أى مقدار مايون دايون على الستيمتر المربع . وخلاصة هذا القول أن الضغط الجوى الذى يبله ١٠٠٠ مليبار يعادل ٧٥٠ ملليمتر تقريباً .

قراءة البارومتر				الترمومتر الملاصق للآلة
١٧٠	١٦٠	٧٥٠	٧٤٠	
٣٢٢	٣٢٢	٣٢٢	٣٢١	٢٠
٣٢٣	٣٢٣	٣٢٣	٣٢٢	٢١
٣٢٤	٣٢٤	٣٢٤	٣٢٤	٢٢
٣٢٦	٣٢٥	٣٢٥	٣٢٥	٢٣
٣٢٧	٣٢٦	٣٢٦	٣٢٦	٢٤
٣٢٨	٣٢٨	٣٢٨	٣٢٧	٢٥

القراءة المأخوذة ..... ٧٥٤٢

التعديل ..... ٣٥

∴ الضغط المعدل لدرجة الصفر المئوي ولتوسط الجاذبية = ٧٥٠٢٧ ملليمتر  
فيعدل هذا الرقم بالنسبة لمستوى سطح البحر . ويعرف الضغط المعدل بهذه الطريقة بالضغط  
الموحد Standard Pressure .

وبعد إجراء كل التصحيحات السابقة ، يكتب الرقم الخاص بالضغط الجوي في كل محطة  
ثم نوصل جميع الضغوط المتساوية بخط واحد ، وبذا تظهر على الخريطة عدة خطوط للضغط  
المتساوي Isobars تمر بالمناطق المتساوية الضغط .

ويجب أن يكون الفاصل الرأسى بين خطوط الأيزوبار فاصلاً موحداً ، وإن كان مقدار  
هذا الفاصل يختلف تبعاً لاختلاف مقياس رسم الخريطة ومدى الدقة المطلوب مراعاتها عند  
إنشائها . ففي الخرائط العالمية تتفاوت خطوط الأيزوبار عن بعضها بمقدار خمسة ملليمترات  
تقريباً ، بينما لا يتجاوز هذا التفاوت في الخرائط المصرية ملليمترين فقط .

## ١- (رابعاً) خطوط المطر المتساوى

تقاس كميات المطر المتساقطة في أية محطة بجهاز « مقياس المطر Rain - gauge » وهو أقدم أجهزة الرصد الجوى في العالم . فند أن عرف الإنسان الزراعة تطلع إلى قياس كميات المطر ، وسرعان ما توصل إلى طريقة لقياسها . فقد عرف أن الإناء المفتوح عندما يوضع في العراء يمكن أن يقيس كميات المطر ولو بطريقة تقريبية . وما زال اكتشافه هذا يستخدم حتى الآن رغم ما أدخل عليه من تعديلات كثيرة .

وبعد الحصول على أرصاد المطر تقوم بحساب المتوسطات الشهرية أو الفصلية أو السنوية تمهيداً لرسم خريطة المطر . ولكن المتوسطات المطرية يتم حسابها على أساس مخالف للمرايا في حساب متوسطات الحرارة أو الضغط فالمتوسط الشهري للمطر عبارة عن متوسط حسابي لمجموع المطر المتساقط في كل شهر على عدة سنوات .

فمثلاً المتوسط الشهري للمطر في شهر يناير عبارة عن مجموع المطر المتساقط في يناير في عدة سنوات مقسوماً على عددها ، وكلما كان عدد السنوات كبيراً كلما خف أثر الشذوذ المحتمل حدوثه في بعض السنوات .

وتحقيقاً لبعض أغراض الدراسة التي نحتاج فيها إلى خرائط مطر دقيقة جداً ، قد يكون من المفيد أن تتم المقارنة بين خرائط المطر في شهور السنة المختلفة على أساس أن تتساوى أطوال شهور السنة فلا يكون هناك شهر طوله ٢٨ يوماً وآخر طوله ٣١ يوماً ، وذلك حتى نتجنب التخفيضات الزائفة false deductions التي تعكسها خريطة المطر في شهر قصير مثل

شهر فبراير عند مقارنته بخريطة المطر لنفس المنطقة في شهر أطول منه ، مثل شهر يناير . وهناك طريقتان لتعديل متوسطات المطر الشهرية بناء على هذا الاعتبار وذلك قبل رسم

خريطة خطوط المطر المتساوى : —

١ — أن نختصر كميات الأمطار المتساقطة في الشهور ذات ٣١ يوماً بنسبة ٣٢٪ ونضاعف كمياتها في الشهور ذات ٢٨ يوماً أو ٢٩ يوماً بنسبة ٦٨٪ ، ٣٤٪ على الترتيب ، وذلك لكي نحصل على مجموع المطر الذي كان من المحتمل تساقطه في ثلاثين يوماً فقط .

٢ — أن نعتبر أن طول كل شهر من شهور السنة عبارة عن  $\frac{365}{12}$  من السنة ، ومن ثم

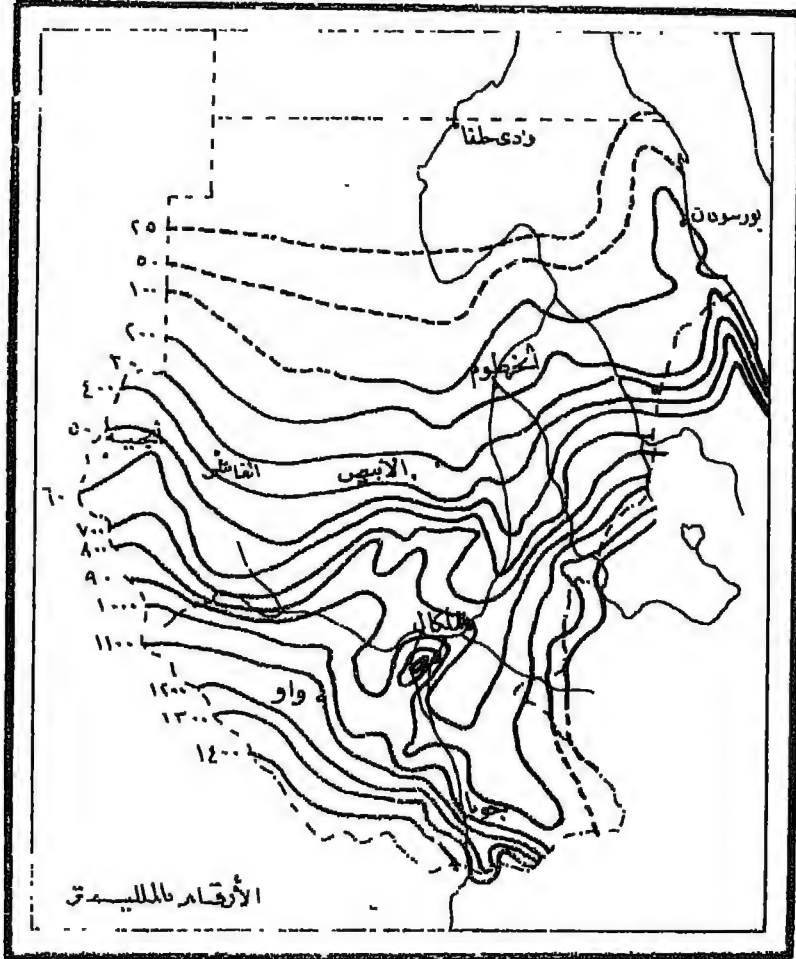
يكون طول كل شهر عبارة عن  $\frac{365}{12}$  أى ٣٠٫٤١٦ يوماً وعلى هذا نقوم بضرب كميات

الأمطار المتساقطة في شهر فبراير في ١٠٧٧ (أو ١٠٤٩) وكميات الشهور ذات الثلاثين يوماً في ١٠١٥ وذات ٣١ يوماً في ٩٨٢ .

فإذا طبقنا هذه التعديلات على مدينة راجا Raga في السودان ، سنجد أن كمية الأمطار في شهر أغسطس بها تباغ ٢٥٨ ملليمترًا وتصبح الأرقام المعدلة طبقاً للطريقتين السابقتين على الترتيب هي : —

$$\text{الرقم المعدل تبعاً للطريقة الأولى} = \frac{٣٠ \times ٢٥٨}{٣١} = ٢٤٩٧ \text{ مم}.$$

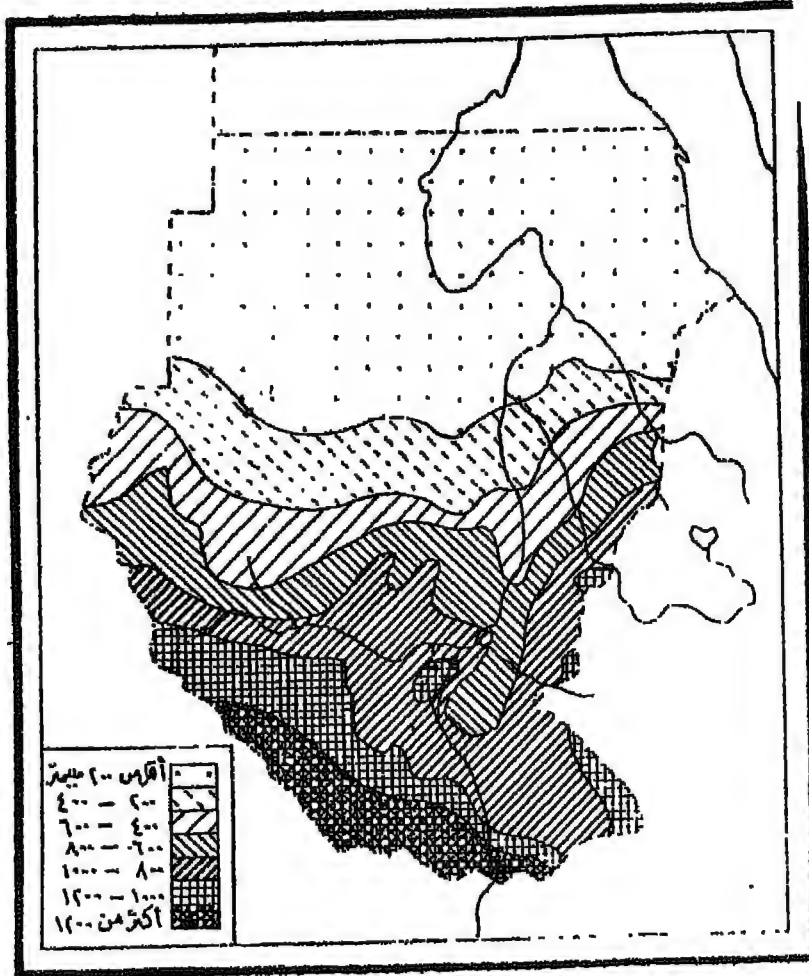
الرقم المعدل تبعاً للطريقة الأولى =  $٢٥٨ \times ٠.٩٨٢ = ٢٥٣٤ \text{ مم}.$   
 وسواء أدخلنا على الأرصاد التي تتجمع لدينا التعديلات التي ذكرناها أو لم ندخلها ، فإننا يمكننا أن نتبع الطريقة التي ذكرناها في خطوط التساوي السابقة ، أي بتوصيل المناطق التي تتساوى في كميات أمطارها ببعضها بخطوط تعرف بخطوط المطر المتساوي Isohyets وتكون ذات فاصل رأسي موحد .



شكل (٢٠٤)  
خطوط المطر المتساوي في السودان

ولكن يجب عدم تعديل أرقام المطر بالنسبة لمستوى سطح البحر قبل رسم الخريطة كما فعلنا في حالة الحرارة والضغط الجوي، وذلك لأن العلاقة بين الأمطار والتضاريس لا تخضع لقوانين ثابتة كتلك التي تخضع لها العلاقة بين التضاريس والحرارة أو بين الضغط الجوي ويوضح الشكل ( ٢٠٤ ) نموذجاً لخطوط المطر المتساوي في السودان بقايل قدره مائة ملليمتر .

وقد جرت العادة على عدم كتابة الأرقام الدالة على كمية الأمطار على خطوط المطر المتساوي في خرائط توزيع المطر كما فعلنا في الشكل السابق ، وإنما يستعاض عن ذلك بتلوين الجهات المحصورة بين خطوط المطر المتساوي أو بتظليلها ، ثم تزود الخريطة بفتاح يفسر مداول



شكل (٢٠٥)  
المطر السنوي في السودان

الألوان أو التظليلات . ويوضح الشكل ( ٢٠٥ ) خريطة السودان السابقة ولكن بعد أن أضيفت إليها التظليلات بفاصل قدره ٢٠٠ ملليمتر .

فإذا استخدم التظليل فيجب أن يتدرج التظليل من الفاتح إلى الداكن تبعاً لزيادة كمية الأمطار . أما إذا استخدمت الألوان فيجب أن يتم ذلك بحذر حتى تغطي الألوان الانطباع المطلوب .

### ( خامساً ) أنواع أخرى من خطوط التساوى

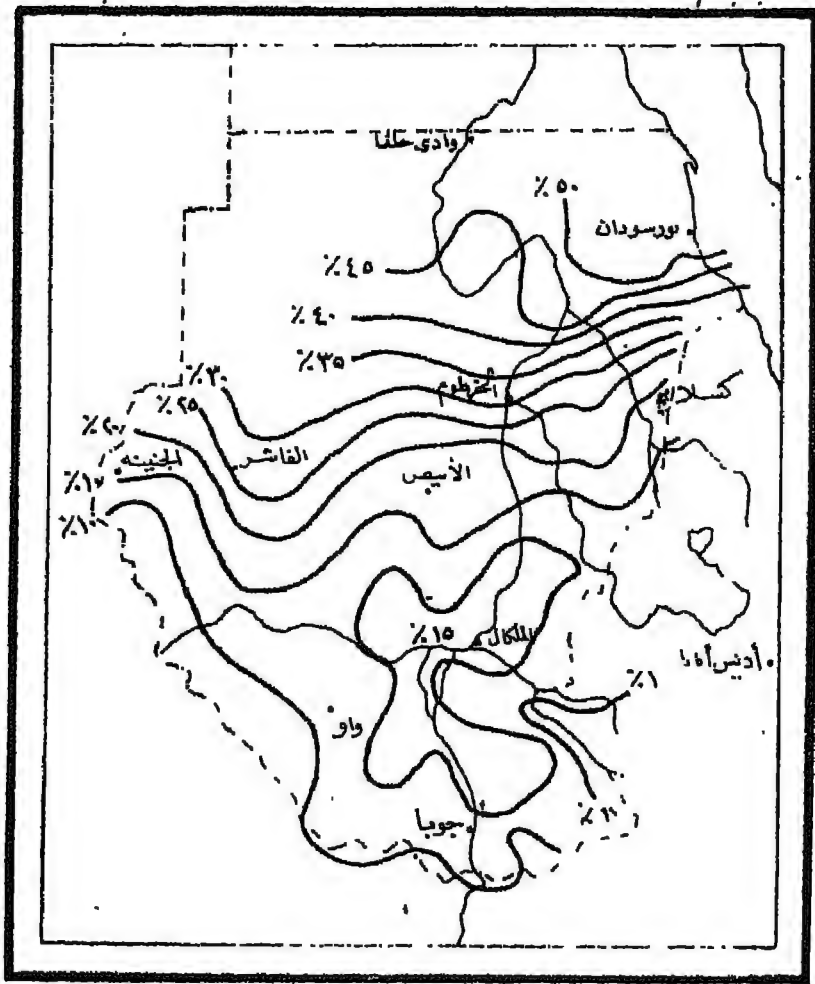
إذا كانت خرائط الحرارة والضغط والأمطار هي أهم أنواع الخرائط المناخية التي تستخدم خطوط التساوى كطريقة للتمثيل الكارتوجرافي ، فإن هناك أنواعاً أخرى من خرائط المناخ تستخدم نفس الطريقة ولكنها محدودة الاستخدام ، ومن ثم فسنتقصر هنا على شرح ثلاثة أنواع من هذه الطرق :—

#### ( ١ ) خطوط مدى تفاوت الأمطار : —

تتفاوت كميات الأمطار عن معدلها العام من سنة إلى أخرى إما بالزيادة أو بالنقصان وذلك لعدم ثبات العوامل التي تسببها ، ويقدر هذا التفاوت بالنسبة في المائة للمعدل العام نفسه ويسمى « مدى تفاوت الأمطار » .

وبعد حساب هذا التفاوت في المنطقة التي توضحها الخريطة تقوم بتوصيل المناطق ذات المدى الواحد بخطوط مدى تفاوت الأمطار Isopleths of Rainfall Variability وهي ترسم بنفس طريقة رسم خطوط التساوى السابقة ولكن بدون تعديل أرقامها .

ويوضح الشكل ( ٢٠٦ ) خريطة مدى التفاوت السنوي للأمطار في السودان ، ومنه تتضح لنا طبيعة هذا النوع من الخرائط ، حيث نجد أن المناطق النورية الأمطار التي وضحتها لنا خريطة الأمطار السنوية في السودان تقابلها في هذا الشكل مناطق ذات مدى تفاوت مطري منخفض ، بينما المناطق الجافة الواقعة في شمال السودان نجدها في هذا الشكل تتميز بنسبة تفاوت كبيرة .



شكل (٢٠٦)

خطوط مدى تفاوت الأمطار في السودان

فضلا من استخدام خطوط التساوى في تمثيل التفاوت السنوى للأمطار ، فيمكننا أن نستخدم التظليل بنفس الطريقة التى استخدمناها في خريطة المطر الخاصة بالسودان ، فنعطى كل نسبة معينة من تفاوت المطر تظليلا معيّنًا يتدرج من الفاتح إلى الداكن تبعاً لزيادة هذا التفاوت ، وزرق الخريطة بفتحاح لشرح التظليلات الموجودة عايتها .

ومن هنا نجد أننا إذا قارنا بين خريطين لمنطقة واحدة إحداها للمطر والأخرى لدى تغير الأمطار وتفاوتها، وكانت الطريقة السكارتوجرافية المستخدمة في تلك الخرائط هي طريقة خطوط التساوى مع استخدام التظليل ، فإننا سنجد أن اللون الداكن في خريطة الأمطار

بقابله لون فافع في الخريطة الثانية ، وذلك لأن المناطق الشحيحة في أمطارها تتميز بمعدل تفاوت مطرى شديد ، وتتنضح هذه الظاهرة عند المقارنة بين خريطتى السودان في الشكلىن (٢٠٥) ، (٢٠٦) .

### (ب) خطوط الزمن التساوى :

يمكن استخدام فكرة خطوط التساوى في تمثيل التغيرات الفصلية التى تطرأ على أية ظاهرة مناخية مثل الحرارة أو المطر ٠٠٠ الخ . فى فترة زمنية معينة تتكرر كل سنة وتعرف هذه الخطوط بخطوط الزمن التساوى Date Isopleths ، ويقصد بها تلك الخطوط التى تمر بالمناطق التى تتميز بظاهرة مناخية معينة فيها لتغير يتكرر كل سنة . فمثلا ترسم خطوط الزمن التساوى للمدى الذى يلئنه تقدم الجليد فى كل شهر من شهور السنة فى أمريكا الشمالية أو أوراسيا ، أو فى تمثيل مدى تقدم الأمطار الموسمية فى آسيا فى فترات زمنية معينة ٠٠٠ الخ . ومن الواضح أن هذه الطريقة تكون أكثر فعالية لو استخدمت فى توزيع أية ظاهرة مناخية فى مساحة واسعة . وقد استخدمت هذه الطريقة الكارتوجرافية بنجاح فى الولايات المتحدة والاتحاد السوفيتى<sup>(١)</sup> لا تساع مساحتهما . كما يمكن استخدام هذه الطريقة فى تحديد الأقاليم المناخية .

### (ج) خطوط الأيزومير :

تستخدم طريقة خطوط التساوى أيضاً فى دراسة الاختلافات الإقليمية الناتجة عن تغير نسب سقوط الأمطار فى شهر معين من شهور السنة . وتعرف خطوط التساوى المستخدمة فى هذه الحالة باسم خطوط الأيزومير Isomers .

ولإنشاء هذه الخطوط تقوم بحساب المعدل الشهرى لسقوط الأمطار فى كل شهر من شهور السنة فى كل محطة فى المنطقة موضوع الدراسة ، ونحول هذا المعدل إلى نسبة مئوية منسوبة إلى كمية المطر السنوى فى كل محطة . فمثلا إذا كانت كمية المطر السنوى فى محطة ما هى ٥٠٠ ملليمتر ، وفى نفس المحطة فى شهر معين تبلغ هذه الكمية ٥٠ ملليمتر فتكون

(١) هناك أمثلة عديدة ونماذج دقيقة لخطوط الزمن التساوى فى الولايات المتحدة والاتحاد السوفيتى لـ

— Atlas of American Agriculture , Washington 1936 .

— The Great Soviet World Atlas . Moscow 1938



نسبة مايسقط من المطر في هذا الشهر إلى جملة المطر السنوى = ١٠٪ .  
وبهذه الطريقة نواصل حساب تلك النسب في هذا الشهر في كل المحطات التيورولوجية  
الموضحة بالخريطة .

وبعد ذلك نقوم بتوصيل المناطق ذات نسب سقوط الأمطار المتساوية بعضها ببعض  
بخطوط متساوية ، فنحصل على خريطة لخطوط الأيزومير في المنطقة في هذا الشهر .

وبتكرار العمل في باقى شهور السنة بنفس الطريقة يمكن أن نحصل للمنطقة الواحدة على  
إثنتى عشرة خريطة توضح توزيع نسب سقوط الأمطار في كل شهر من شهور السنة  
بخطوط تجمع بين الأماكن ذات النسب المثوية المتساوية . وتوضح هذه الخريطة المناطق  
التي تستأثر بأكبر قدر من الأمطار وتلك التي لا يعيها إلا القليل من المطر .

ويمكن استخدام هذه الطريقة في توزيع ظاهرات مناخية أخرى غير المطر ، إلا أن  
استخدامها الشائع حتى الآن هو في توزيع نسب سقوط الأمطار في شهر معين .

## ٦) (سادساً) ورده الرياح

توضح ورة الرياح Wind-rose المتوسط التكرارى لمرات هبوب الرياح واتجاهها في  
منطقة معينة . وهناك أنواع عديدة من وردات الرياح ولكننا سنكتفى هنا بذكر  
أهم أنواعها :

### (١) ورده الرياح البسيطة :

تهدف ورده الرياح البسيطة simple wind-rose إلى تمثيل اتجاه الرياح في محطة معينة  
في فترة زمنية معينة وعلى ارتفاع معين .

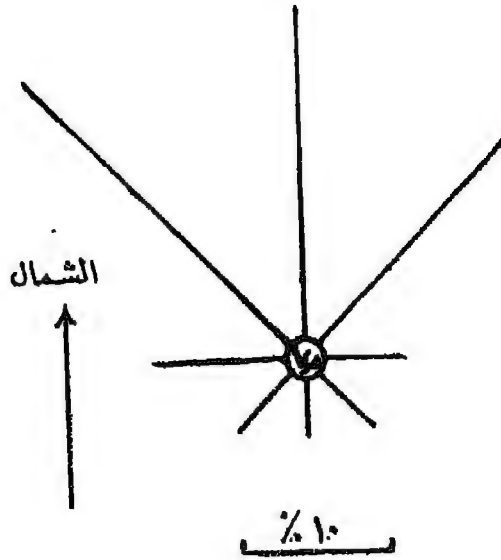
### مثال :

الجدول التالى يوضح المعدل السنوى لتوزيع النسب المثوية لاتجاهات الرياح في مدينة  
الإسكندرية ، والمطلوب رسم ورده رياح بسيطة تمثل اتجاهات الرياح بمدينة الإسكندرية .

شال	شال شرق	شرق	جنوب شرق	جنوب	جنوب غرب	غرب	شال غرب	سكون
٢١,٥	١٨,٤	٥,٤	٥,١	٣,٧	٥,٠	٨,٩	٢٤,٥	٧,٥

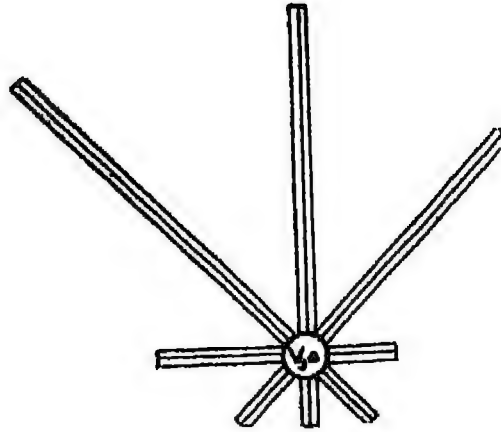
### حل المثال :

١ - رسم ورده الرياح البسيطة بمقياس رسم مناسب . ويتوقف إختيار مقياس الرسم على طبيعة الأرقام التي توضحها الإحصائية .



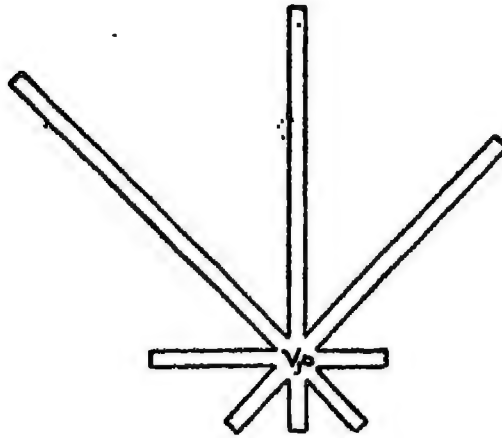
شكل ( ٢٠٧ )

٢ -- إذا وقع إختيارنا على أن مقياس رسم ورده الرياح هو ٢ ملليمتر لكل ١٪ فيكون أكبر اتجاه هو اتجاه الشمال الغربي (  $٢٤,٥ \times ٢ = ٤٩,٠$  مم . ) وأصغر اتجاه هو اتجاه الجنوب (  $٣,٧ \times ٢ = ٧,٤$  مم . ) . أما الرقم الدال على النسبة المئوية لمرات السكون ( ٧,٥ ) فنكتبه في وسط ورده الرياح .



شكل ( ٢٠٨ )

٣ - بعد ذلك نقوم برسم ثمانية خطوط تمثل الاتجاهات الثمانية التي توضحها الإحصائية ، وتناسب أطوال هذه الخطوط تناسباً طردياً مع النسبة المئوية لكل اتجاه .



شكل ( ٢٠٩ )

٤ - يختلف الشكل البياني لوردة الرياح من خريطة لأخرى ، فقد تكون خطوطها خطوطاً مفردة أو مزدوجة أو ثلاثية الشكل ، ولكن المهم هو تناسب أطوال هذه الخطوط مع أرقام الإحصائية وفقاً لمقياس الرسم المستخدم . ويظهر الفارق الشكلي بينها عند مقارنة وردات الرياح الثلاث التي توضحها الأشكال ( ٢٠٧ ، ٢٠٨ ، ٢٠٩ ) والتي تمثل جميعها اتجاهات الرياح في مدينة الإسكندرية تبعاً للأرقام الواردة بالجدول السابق .





شائع في توضيح سرعة الرياح العليا upper winds ، وتتخذ ودة الرياح المركبة شكلاً دائرياً يختلف عن شكل ودة الرياح البسيطة .

فلو فرضنا أن توزيع النسب المثوية لسرعة الرياح في محطة ما على ارتفاع ١٠٠٠ قدم مثلاً كان على النحو التالي :

- ٢٠ . / بلغت سرعتها أقل من أربعة أميال في الساعة .
- ٣٠ . / بلغت سرعتها من ٤ إلى ١٢ ميلاً في الساعة .
- ٣٥ . / بلغت سرعتها من ١٢ إلى ٢٤ ميلاً في الساعة .
- ١٥ . / بلغت سرعتها أكثر من ٢٤ ميلاً في الساعة .

ولرسم ودة الرياح المركبة على ضوء الإحصائية السابقة نتبع الآتي :

١ — أول خطوه في إنشاء ودة الرياح المركبة هو أن ننشئ مفتاحاً للوردة يتكون من أربعة ألوان تمثل الفئات المذكورة في الإحصائية ، وتتدرج كثافة ألوان المفتاح بما يتناسب مع زيادة سرعة الرياح .



السريعة في الساعة  
 أقل من ٤ أميال ١٢ - ٤ ميلاً  
 أكثر من ٢٤ ميلاً ٢٤ - ١٢ ميلاً

شكل ( ٢١١ )

وردة الرياح المركبة

٢ — نحدد مقياس رسم للدائرة يتناسب مع الأرقام الموجودة لدينا . فنفرض مثلاً أن نصف قطر ودة الرياح المركبة هو ٢٥ ملليمتر ، وبذلك يصبح نصف قطر فئة السرعة

$$\text{الأولى ( } ٢٠ \% \text{ )} = \frac{٢٥ \times ٢٥}{١٠٠} = ٥ \text{ مم} .$$

$$\text{ونصف قطر الفئة الثانية ( } ٣٠ \% \text{ )} = \frac{٢٥ \times ٢٥}{١٠٠} = ٧.٥ \text{ مم نضيفها إلى نصف قطر}$$

$$\text{الفئة الأولى أي يصبح } ٧.٥ + ٥ = ١٢.٥ \text{ مم} .$$

$$\text{ونصف قطر الفئة الثالثة ( } ٣٥ \% \text{ )} = \frac{٢٥ \times ٣٥}{١٠٠} = ٨.٧ \text{ مم نضيفها أيضاً إلى نصف}$$

$$\text{قطر الفئة الثانية أي } ٨.٧ + ١٢.٥ = ٢١.٢ \text{ مم} .$$

$$\text{ونصف قطر الفئة الرابعة والأخيرة} = \frac{٢٥ \times ١٥}{١٠٠} = ٣.٨ \text{ مم نضيفها إلى نصف قطر}$$

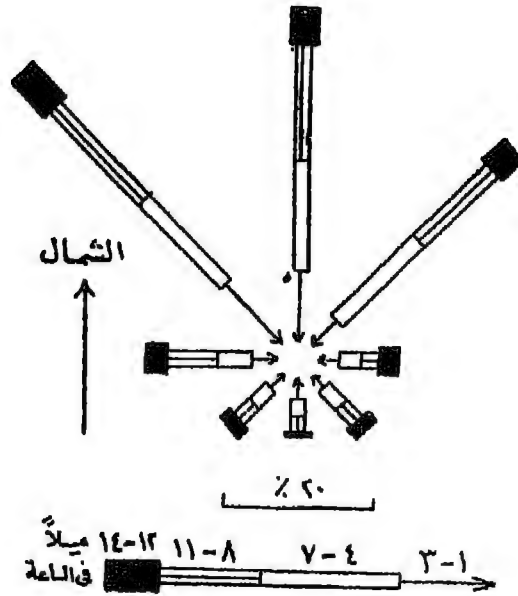
$$\text{الفئة الثالثة أي } ٣.٨ + ٢١.٢ = ٢٥ \text{ مم} .$$

٣ - بعد ذلك نرمس أربع دوائر متداخلة وموحدة المركز مستخدمين أنصاف الأقطار التي ذكرناها في البند السابق .

٤ - نقوم بتظليل كل دائرة منها باللون الموضح في المفتاح الذي وضعناه .

٥ - إذا توفرت لدينا إحصاءات عن سرعة الرياح على ارتفاعات مختلفة ، فيمكننا أن نرمس عدداً من وريقات الرياح المركبة يتناسب طردياً مع الارتفاعات التي توضحها الإحصائية . وإذا تم رسم مثل هذه الوريقات فإننا سنلاحظ على الفور تزايد سرعة الرياح بالارتفاع ، إذ أننا سنجد أن اللون الخالص بالسرعات الكبيرة سيزداد سمكا بينما يتناقص سمك الألوان الخاصة بالسرعة البطيئة .

وهناك نوع آخر من وريقات الرياح المركبة لا توضح سرعة الرياح على ارتفاع معين فقط ، ولكنها تمثل السرعة والاتجاه معاً . وهي تشبه في شكلها وريدة الرياح البسيطة ولكنها تختلف عنها في أنها تمثل السرعة أيضاً . ويوضح الشكل ( ٢١٢ ) نموذجاً لهذا النوع من وريقات الرياح المركبة . فالأشكال التي تأتي منها الخطوط صوب مركز الوريقة تمثل اتجاهات الرياح ، بينما ينقسم كل خط منها إلى أربعة أقسام تمثل أربع فئات



شكل (٢١٢)  
نموذج آخر لوردة الرياح المركبة

للسرعة . ويأخذ كل قسم منها شكلاً يتناسب مع الشكل المحدد للفئة التي يمثلها والذي يوضحه مفتاح السرعة المرافق لوردة الرياح المركبة .

### ٢١٢) واردة الرياح المثلثة :

وردة الرياح المثلثة Octagonal wind - rose عبارة عن رسم بياني مشتمل الشكل ، ويمثل تكرارات هبوب الرياح واتجاهاتها في محطة معينة في كل شهور السنة ، وبالنسبة للاتجاهات الثمانية . أي أن واردة الرياح المثلثة تمثل أرصاد اثني عشر شهراً بالنسبة لثمانية اتجاهات ، بالإضافة إلى نسبة السكون في كل منها .

### مثال :

الجدول التالي يوضح المعدلات الشهرية لتوزيع النسب المئوية لاتجاهات الرياح في مدينة الإسكندرية ، والمطلوب رسم واردة رياح مثمثة تبين اتجاهات الرياح في المدينة في كل شهور السنة .



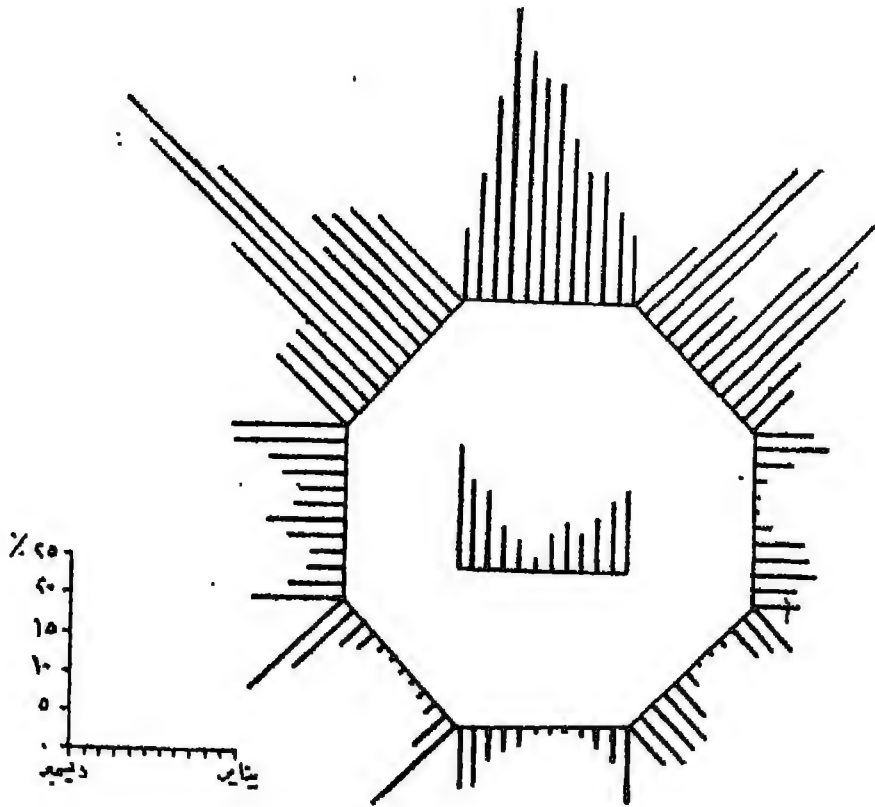
الشهر	الاتجاه							
	شمال	شمال غربي	غربي	جنوبي غربي	جنوبي	جنوبي شرقي	شرقي	شمال شرقي
يناير	٩٧	٧٩	٦٧	٧٢	٧٩	١٦٩	١٥٨	١٦٣
فبراير	١٢٧	١٠٩	٦٤	٨٦	٧٨	١٠٣	١٤٧	١٩٦
مارس	١٧١	٢٠٢	٨٧	٨٢	٣٩	٤٤	١٠٤	٢٠٠
أبريل	١٧٤	٢٥٨	٧٥	٨٣	٣٠	٢٨	٨٦	٢٢٠
مايو	٢١٦	٣٠٩	٧٤	٦٤	٢٥	١١	٦٠	١٨٠
يونيو	٢٨٠	١٨٨	٢٧	٢٦	٠٥	٠٧	٦٥	٣٥٦
يوليو	٢٨٣	٨١	٠٥	٠٢	٠٢	٠٤	١٠١	٥٠٩
أغسطس	٣٢٢	٩٩	٠٦	٠٢	٠٤	٠٧	٧٧	٤٤٥
سبتمبر	٣٨٨	١٩٧	١٩	١٤	١١	١٠	٣٨	٢٧١
أكتوبر	٢٦٨	٣٠٨	٥٣	٤٨	٢٨	١٩	٣٩	١٣٨
نوفمبر	١٥٧	٢٧٣	٩٥	٥٨	٤٣	٥٢	٧٢	١٣٤
ديسمبر	٩٣	١٠٣	٧٧	٧٥	٩٦	١٤٨	١٢٢	١٣٠

### حل المثال :

١ - الخطوة الأولى في رسم وردة الرياح المثمنة هي رسم ثمانية أضلاع ليمثل كل ضلع منها اتجاه الرياح في جهة واحدة فقط في كل شهور السنة ، أى أن كل ضلع منها يعتبر بمثابة خط قاعدة لاثني عشر عموداً . ومن ثم فإن الشكل سيشتمل على ( ٩٦ ) عموداً على أضلاعه الثمانية ، يضاف إليها ( ١٢ ) عموداً في داخل الوردة المثمنة لتمثل معدل السكون في شهور السنة المختلفة .

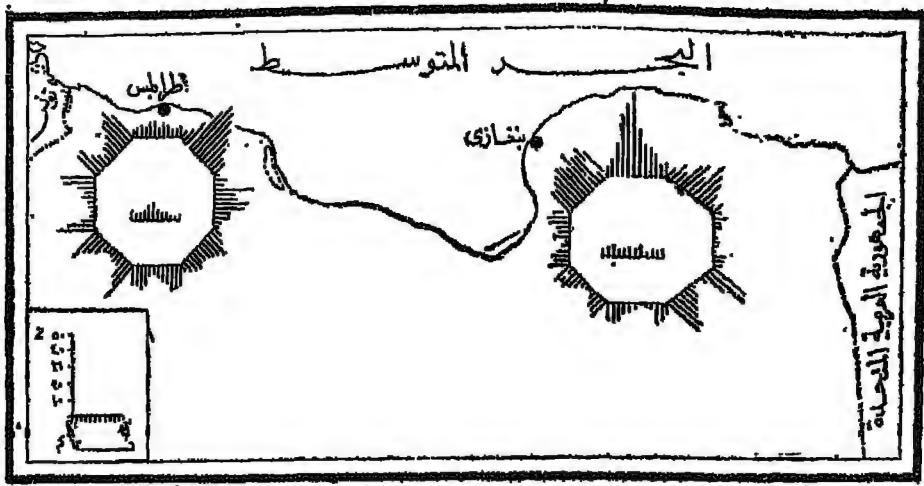
٢ - تحدد أطوال الأعمدة وفقاً لمقياس الرسم المستخدم . وعلى هذا فيكون لدينا مقياسان للرسم : مقياس أفقى يحدد طول أضلاع المثلث ، أى أن طول مقياس الرسم الأفقى سيكون هو نفسه طول أى ضلع من أضلاع الشكل ، ومقياس رأسى يتحدد على أساسه طول كل عمود في المثلث .

٣ - لا تمثل وردة الرياح الثمينة أرقاماً نسبية فقط ، بل يمكن أن تعبر عن أرقام مطلقة أيضاً ، وإن كانت الحالة الأولى هي الأكثر شيوعاً واستخدماً .



شكل ( ٢١٣ )  
وردة الرياح الثمينة لمدينة الإسكندرية

٤ - لا يشترط أن ترسم وردة الرياح الثمينة منفصلة عن الخرائط بل يمكن توفيق أكثر من وردة مضمنة على الخريطة ، كأن ترسم وردة رياح مضمنة لكل محافظة من محافظات الجمهورية العربية المتحدة أو لكل ولاية في الولايات المتحدة الأمريكية . وتعرف وردة الرياح الثمينة في هذه الحالة بأنها موقمة Located wind - rose على الخريطة . ويوضح الشكل ( ٢١٤ ) نموذجاً لهذا النوع من وردات الرياح في مدينتي بنغازي وطرابلس بليبيا

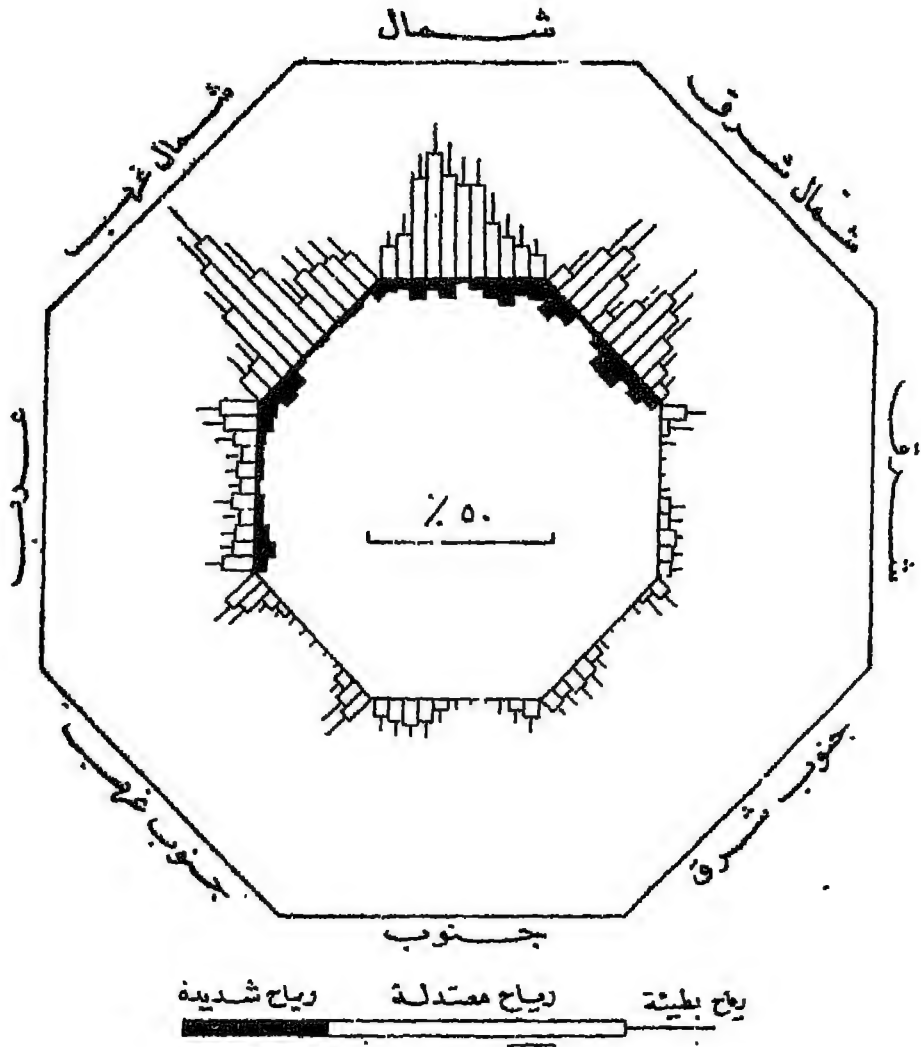


شكل ( ٢١٤ )  
اتجاهات الرياح في ليبيا  
( سابقاً ) نجمة الرياح

تشبه نجمة الرياح Wind Star واردة الرياح الثمينة ، ولكن الفارق بينهما هو أن نجمة الرياح تمثل كلا من اتجاهات الرياح وسرعتها في ثمانية اتجاهات . بينما تقتصر الوردة الثمينة على توضيح تردد Frequency الرياح فقط في الاتجاهات الثمانية . كما تتكون نجمة الرياح من شكلين مضمنين متداخلين يكتب على الشكل الخارجى منهما نوع الاتجاه ، ويرسم على الشكل الآخر الأعمدة الخاصة بشهور السنة .

ويجب أن نلاحظ عند رسم الشكلين المضمنين أن يكون الفارق بين الشكل الخارجى والشكل الداخلى بما يسمح للأعمدة البيانية أن تمتد تبعاً لمقياس الرسم المستخدم دون أن تلمس المضمن الخارجى .

ولا ترسم الأعمدة المقامة على المضمن الداخلى بسمك واحد ، بل بتغير سمك العمود الواحد تبعاً لتغير سرعة الرياح في كل شهر وفي كل اتجاه . وفي هذه الحالة يمكن أن تمثل السرعة بأرقام مطلقة كأن نوضح سرعة الرياح بالكيلومتر أو بالميل ، كما يمكن أن نوضح الأعمدة طبيعة الرياح نفسها ، كأن ينقسم العمود الواحد إلى ثلاثة أقسام يوضح أحدهم العواصف ويمثل السمك الثانى الرياح المعتدلة ويعبر السمك الثالث عن الرياح الخفيفة ، وفقاً لمقياس رسم نختاره ، ويختلف سمك العمود تبعاً لاختلاف طبيعة الرياح .



شكل (٢١٥)  
نجمة الرياح

ونظراً للصعوبة الإحصائية التي تواجهها عند رسم نجمة الرياح ، فإننا لا نوقفها على الخرائط كما كنا نفعل في ورقة الرياح المشعة ، لأن إنشاء نجمة الرياح يحتاج إلى بيانات من تردد اتجاه الرياح في كل شهر من شهور السنة ، وفي كل اتجاه من الاتجاهات الثمانية ، أي أننا سنرسم (٩٦) عموداً ينقسم كل عمود منها على الأقل إلى ثلاث فئات من السرعة ، أي أننا نقسم كل عمود من الأعمدة السابقة إلى ثلاثة أجزاء تتناسب مع تفسير سرعة الرياح في كل اتجاه .

## (ثامناً) محصلة الرياح

توضح محصلة الرياح Resultant طبيعة الرياح السائدة Prevailing winds ، وهي ضرورية في جميع الأعمال العمرانية التي تحتاج إلى معرفة اتجاه الرياح السائدة في منطقة معينة ، وذلك لأن المحصلة تلخيص لكل القراءات من حيث اتجاه الرياح ومن حيث تردداتها على ارتفاعات مختلفة أو على مدار فترات زمنية متباينة .

وتعتمد المحصلة في إنشائها على البيانات الخاصة بحركة الرياح في الاتجاهات الثمانية . ولإيجاد المحصلة نقوم باختصار الثماني قراءات إلى قراءتين فقط على النحو التالي :

١ - نختصر الثماني قراءات إلى أربع قراءات فقط بأن نوزع قراءات الاتجاهات اربعة وهي : الشمال الشرق - الجنوب الشرق - الشمال الغربى - الجنوب الغربى ، على الاتجاهات الأصلية الأربعة مناصفة . فنعطى نصف قراءة كل اتجاه فرعى إلى كل من الاتجاهين الأصليين المجاورين له ، فنحصل على قراءات الاتجاهات الأصلية فقط .

٢ - لاختصار القراءات الأصلية إلى قراءتين فقط نقوم بجمع قيمة كل اتجاهين متقابلين جماً جبرياً، أى أن يكون الشمال والشرق موجبين والجنوب والغرب سالبين .

٣ - بعد أن نحصل على الاتجاهين الأصليين وهما إما شمال أو جنوب وشرق أو غرب نبدأ في رسم المحصلة نفسها ، فهي كما ترى تلخيص لكل قراءات الرياح .

٤ - ننشئ محورين متعامدين ونأخذ على الاتجاهين الأصليين لها طولين متناسبين مع قيمة المركبتين الأفقية والرأسية اللتين توصلنا إليهما في النقطة السابقة وفق مقياس رسم مناسب ،

٥ -- بعد هذا نقوم بتكاملة متوازي الأضلاع ، ويصبح قطره هو المحصلة المطلوبة اتجاهها ومقداراً .

مثال :

يوضح الجدول التالى المعدلات السنوية لتوزيع النسب المئوية للاتجاهات الرياح في مدينة بنغازى ، والمطلوب رسم محصلة الرياح اتجاهها ومقداراً .

شمال	شمال شرق	شرق	جنوب شرق	جنوب	جنوب غرب	غرب	شمال غرب	سكون
٢١٥	١٣٠	٢٥	١٢٥	٧٠	٧٥	٨٥	٢٢٥	٥٠

### حل المثال :-

١ - نبدأ العمل باختصار قراءات كل الاتجاهات إلى أربع قراءات فقط . فنقوم بتقسيم قراءات الاتجاه الشمال الشرق مناصفة بين الاتجاهين الشمال والشرق ، أى أن قسم الرقم ١٣٠ بينها فتصبح قراءة الاتجاه الشمال = ١٥ + ٢١٥ = ٢٨٠ وقراءة الاتجاه الشرق = ٢٥ + ٦٥ = ٩٠ .

٢ - بنفس الطريقة نقوم بتوزيع قراءات الاتجاهات الفرعية على الاتجاهات الأصلية المحيطة بها . وعلى هذا الأساس تصبح قراءات الاتجاهات الأصلية الثلاثة الأخرى على النحو التالي:

$$\text{الشمال} = ٢١٥ + ٦٥ + ١١٢٥ = ٣٩٢٥ .$$

$$\text{الشرق} = ٢٥ + ٦٥ + ١٥٢٥ = ١٥٢٥ .$$

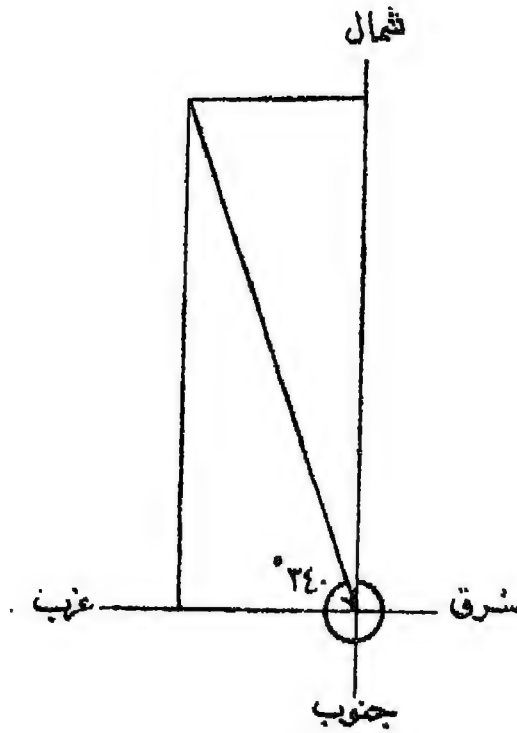
$$\text{الجنوب} = ٧ + ٦٢٥ + ٣٧٥ = ١٧٠٠ .$$

$$\text{الغرب} = ٨٥ + ٣٧٥ + ١١٢٥ = ٢٣٥٠ .$$

٣ - بعد ذلك نقوم بجمع قراءة كل اتجاهين متقابلين جبرياً . فنجمع الشمال والجنوب جبرياً أى  $٣٩٢٥ + ١٧٠٠ = ٢٢٢٥$  ونجمع الشرق والغرب جبرياً أى  $١٥٢٥ - ٢٣٥٠ = ٨٢٥$  .

٤ - بهذه الطريقة نكون قد حصلنا على قراءتين فقط هما :  $٢٢٢٥$  ،  $٨٢٥$  ، أى أن القراءة الأولى فى اتجاه الشمال والثانية فى اتجاه الغرب .

٥ - نرسم محورين متعامدين تبعاً لمقياس رسم معين ، كأن نفترض أن كل ١٪ = ٣ ملميمترات مثلاً ، فنأخذ على المحور الرأسى فى اتجاه الشمال ببدأ طوله  $٢٢٢٥ \times ٣ = ٦٦٧٥$  مم ، وعلى المحور الأفقى فى اتجاه الغرب ببدأ طوله  $٨٢٥ \times ٣ = ٢٤٧٥$  مم .



شكل ( ٢١٦ )  
محطة الرياح في بنغازي

٦ — بعد ذلك نكمل متوازي الأضلاع، ويصبح قطره هو المحصلة المطلوبة :  
اتجاهاً = الاتجاه الشمالي الغربي ، مقداراً =  $34^{\circ}$  .

وإذا توصلنا إلى إيجاد محصلة الرياح لمدة ارتفاعات في محطة واحدة فإنه يمكننا أن نحصل منها على منحنى تغير الرياح بالارتفاع من حيث السرعة ومن حيث الاتجاه .

مثال :

الجدول التالي يوضح المعدلات السنوية لتوزيع النسب المئوية لاتجاهات الرياح في مدينة نيقوسيا ، والمطلوب تمثيل تغير منحنى الرياح بالارتفاع من حيث السرعة ومن حيث الاتجاه .

الارتفاع	الاتجاه								السرعة بالمقدرة
	ش	ش	ق	ج	ج	غ	غ	ش	
٥٠٠ متر	١٩	٧	٢	٣	٠	٤	٢٧	٣٧	١
١٠٠٠ متر	٣٨	١٤	١	٠	٠	٣	٦	٣٨	٠
٢٠٠٠ متر	٢٢	٨	٥	٠	٢	١٥	١٨	٣٠	٠
٤٠٠٠ متر	١٠	٨	١	١٠	٧	٢٧	٢٥	٢١	١

### حل المثال : —

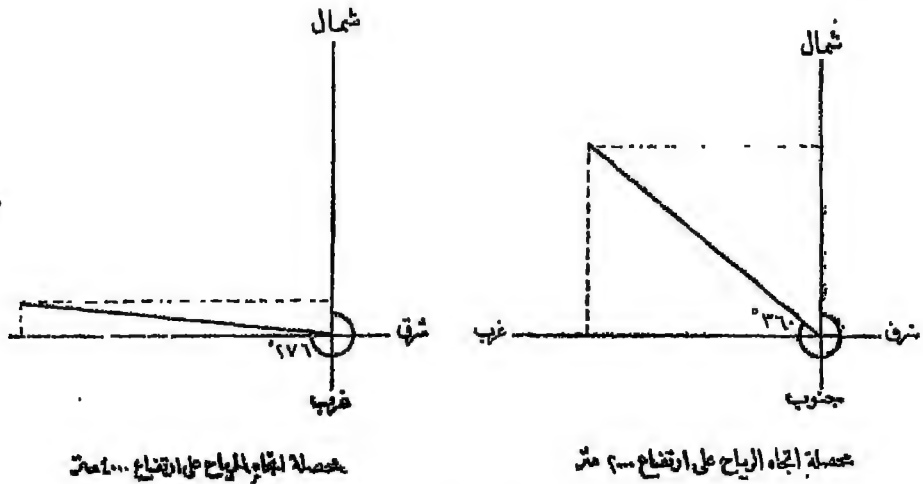
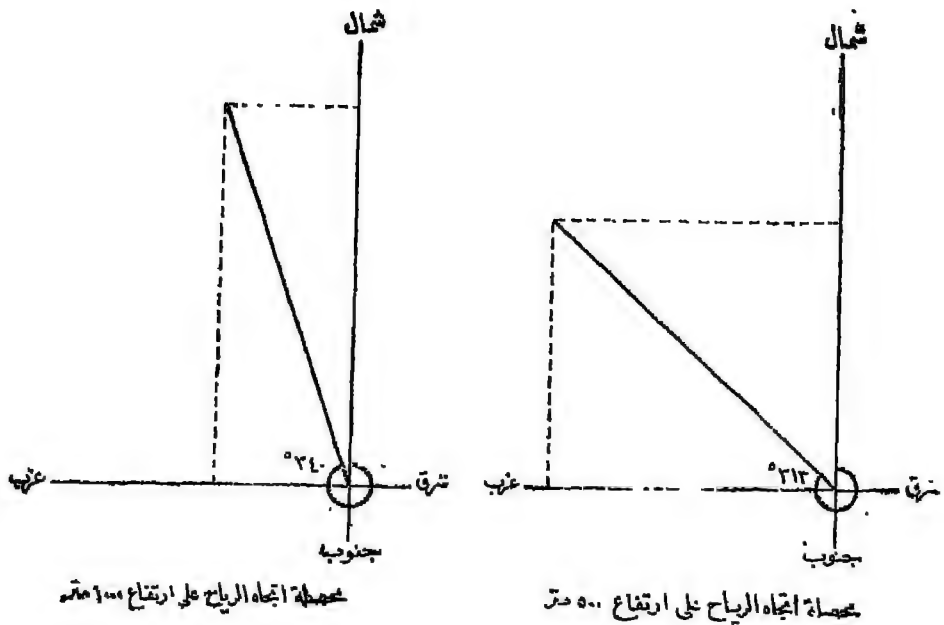
١ — نرمم محصلة لكل ارتفاع توضحه الإحصائية بعد تعديل القراءات إلى أربع قراءات فقط، فتصبح بياناتها لكل ارتفاع على النحو التالي :

- ارتفاع ٥٠٠ متر { الشمال ٤١٠ ، الشرق ٧٠ ،  
الجنوب ٣٥ ، الغرب ٤٧٥ }
- ارتفاع ١٠٠٠ متر { الشمال ٦٤٠ ، الشرق ٨٠ ،  
الجنوب ١٥ ، الغرب ٢٦٥ }
- ارتفاع ٢٠٠٠ متر { الشمال ٤١٠ ، الشرق ٩٠ ،  
الجنوب ٩٥ ، الغرب ٤٠٥ }
- ارتفاع ٤٠٠٠ متر { الشمال ٢٤٥ ، الشرق ٤٠٥ ،  
الجنوب ٢١٠ ، الغرب ٤٩٠ }

٢ — نختصر القراءات الأربع إلى قراءتين فقط بالنسبة لكل ارتفاع وذلك بجمع كل اتجاهين متقابلين جماً جبرياً، فتصبح بياناتها على النحو التالي :

- ارتفاع ٥٠٠ متر : الشمال ٣٧٥ ، الغرب ٤٠٥
- ارتفاع ١٠٠٠ متر : الشمال ٦٢٥ ، الغرب ١٨٥
- ارتفاع ٢٠٠٠ متر : الشمال ٣٢٥ ، الغرب ٣١٥
- ارتفاع ٤٠٠٠ متر : الشمال ٣٥ ، الغرب ٤٥٥





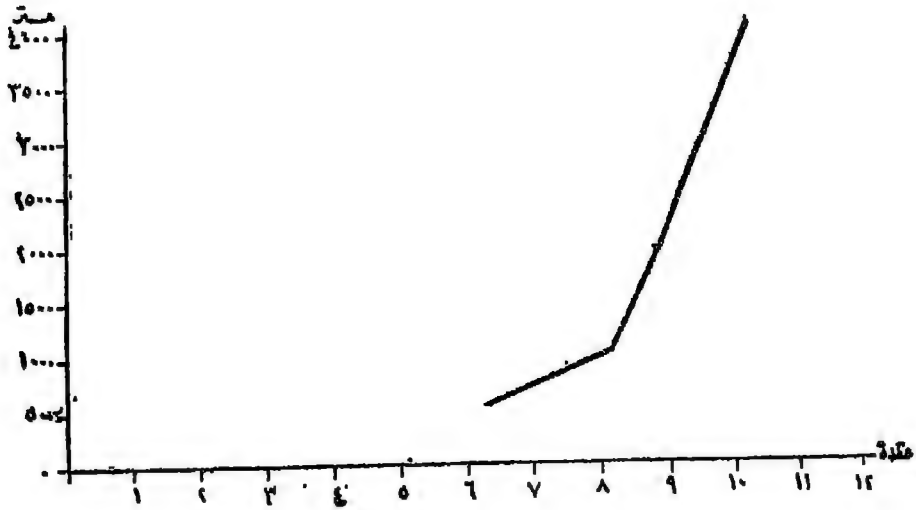
شكل ( ٢١٧ )

محصولات الرياح في نيقوسيا على ارتفاعات مختلفة

٣ - نرسم أربع محصلات بمقياس رسم موحد ، لأن رسم المحصلة هو الخطوة الأولى التي تسبق إنشاء منحنيات تغير السرعة والاتجاه بالارتفاع .

٤ - أما تغير سرعة الرياح بالارتفاع فيتم توقيمه على محورين متعامدين :  
يبين المحور الأفقي منهما السرعة بالعقدة ، ويبين المحور الرأسى الارتفاع بالأمتار . ثم توقع سرعة الرياح على المحور الأفقى أمام الارتفاع الخاص بها على المحور الرأسى ، وتوصل

هذه النقط بخط يوضح تغير سرعة الرياح بالارتفاع ، مع العلم بأن سرعة الرياح موضحة في الجدول نفسه

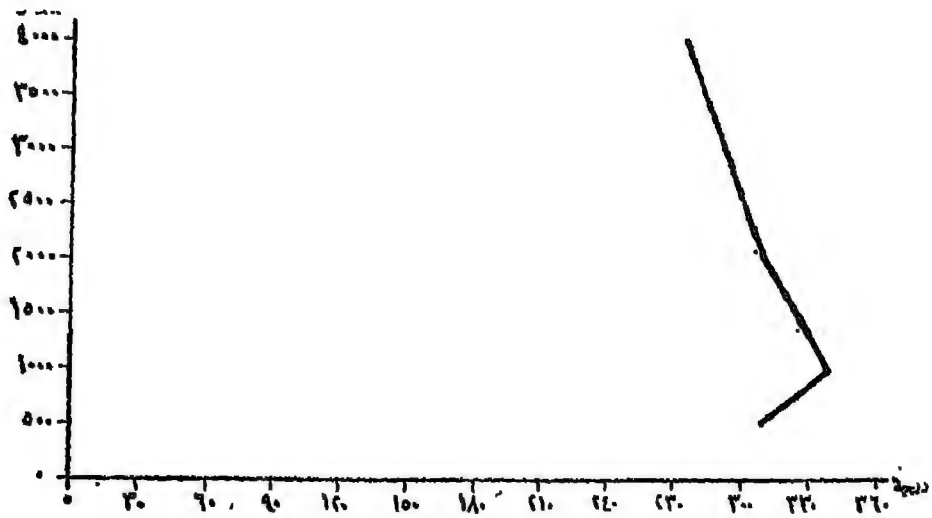


شكل ( ٢١٨ )

منحنى تغير سرعة الرياح بالارتفاع

٥ - أما تغير اتجاه الرياح بالارتفاع فيتم توقيمه بنفس الطريقة التي وقعنا بها بيانات السرعة ، ولكن المحور الأفقي هنا يوضح اتجاه الرياح بالدرجات ، بينما يوضح المحور الرأسي الارتفاع بالأمتار . وقيمة درجات اتجاه الرياح لا يوضحها الجدول نفسه ولكننا نحصل عليها من قياس مقدار ميل محصلة الرياح على كل ارتفاع ، فهي تبلغ  $313^\circ$  على ارتفاع ٥٠٠ متر وتبلغ  $340^\circ$  ،  $310^\circ$  ،  $276^\circ$  ، على الارتفاعات ١٠٠٠ ، ٢٠٠٠ ، ٤٠٠٠ متر على الترتيب . وبعد الحصول على قيمة كل اتجاه نقوم بتوقيع هذه القيمة أمام الارتفاع الخاص بها . وبتوصيل هذه النقط بخط متصل نحصل على منحنى تغير اتجاه الرياح بالارتفاع .

٦ - يجب أن نلاحظ أن منحنى تغير اتجاه الرياح بالارتفاع يوضح طبيعة الرياح نفسها ، فإذا غيرت الرياح اتجاهها شطر اتجاه تحرك عقارب الساعة ، كأن تكون شمالية ثم تصبح شمالية شرقية فيقال لها عندئذ أنها رياح متقدمة Veering ، وأما إذا تراجمت في اتجاه مضاد لحركة عقارب الساعة كأن تكون شمالية غربية ثم تصبح غربية فتعرف عندئذ بالرياح المتراجعة Backing

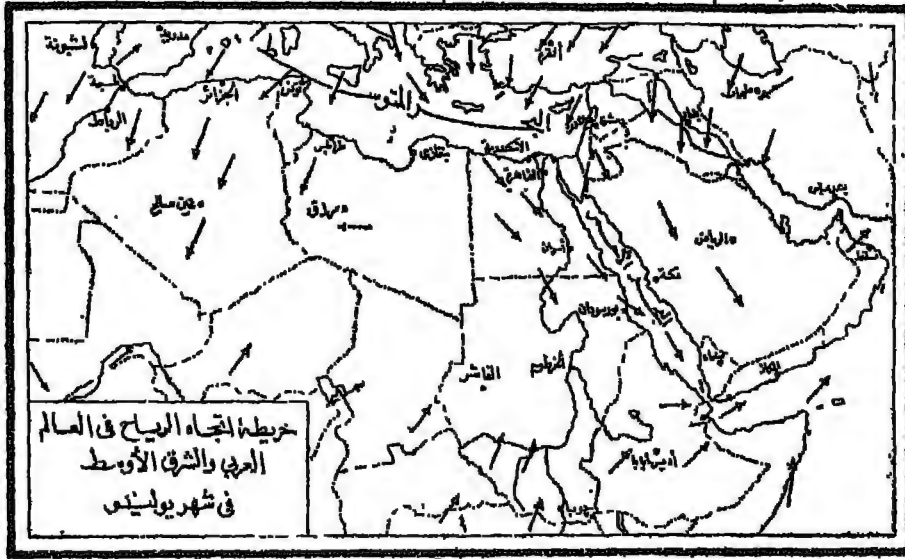


شكل ( ٢١٩ )  
منحنى تغير اتجاه الرياح بالارتفاع

### ( تاسعاً ) الأسهم

تستخدم الأسهم في توضيح الحركة الأفقية للرياح . وتظهر هذه الأسهم إما بشكل متصل يوضح مسارات Trajectories الهواء أو على هيئة أسهم صغيرة « تطير مع الرياح » وتبين اتجاهات الرياح السائدة في أوقات مختلفة من السنة . وفي هذه الحالة الأخيرة لا يشترط أن ترسم الأسهم تبعاً لجداول إحصائية دقيقة، بل يكفي أن نستعين بخطوط الضغط المتساوي لترسم أسهم الرياح تتحرك من مناطق الضغط المرتفع إلى مناطق الضغط المنخفض . ويوضح الشكل ( ٢٢٠ ) نموذجاً لهذه الأسهم وهي تبين حركة الرياح في العالم العربي في شهر يوليو، ويوقع هذا النوع من الأسهم على خرائط صغيرة المقياس .

أما إذا كان مقياس رسم الخريطة كبيراً والبيانات الإحصائية ، متوفرة بحيث توضح بالتفصيل اتجاه وسرعة الرياح في المنطقة التي تمثلها الخريطة ، ففي هذه الحالة يمكن أن نتخذ الأسهم شكلاً آخر بحيث تمثل اتجاه الرياح وسرعتها في وقت واحد . فإما أن نرفق كل سهم بمجموعة من الريش Tall - feathers تمثل كل ريشة منها عدداً معيناً من السكيلو مترات أو الأميال ، وإما أن ترسم الأسهم بسمك يختلف تبعاً لاختلاف سرعة الرياح وتبعاً لنسبة تردددها . ويوضح الشكل ( ٢٢١ ) نموذجاً لثل



شكل (٢٢٠)

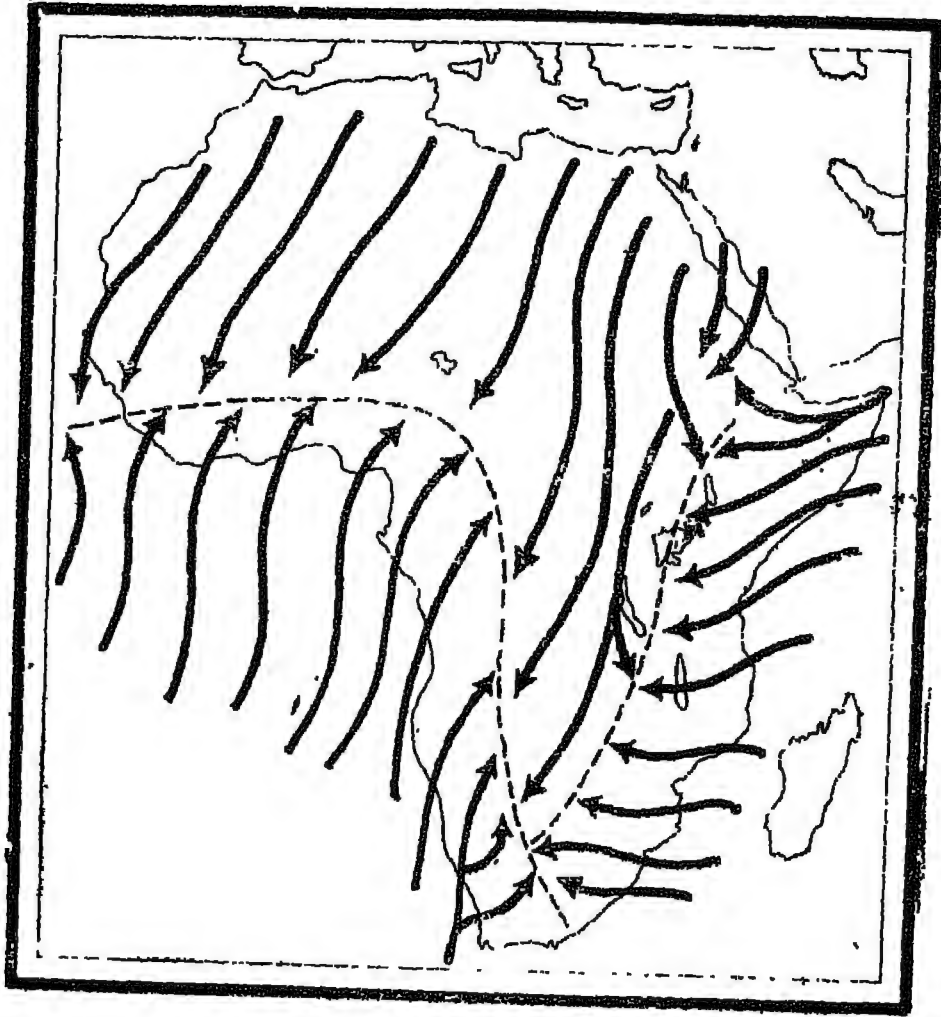
هذا النوع من الأسهم . [ المبالغة في شكل الأسهم يقصد بها التوضيح ، أما عند توقيمها على الخرائط فتتخذ الأسهم أشكالاً تناسب مع مقياس رسم الخريطة ] .

النسبة المئوية لاتجاه هبوب الرياح						السمات بالعدد
أكثر من ٧٥ %		٥٠ - ٧٥ %		أقل من ٥٠ %		
←	←	←---	←---	←.....	←---	٣-١
←	←	←---	←□□□	←.../....	←□□□	٧-٤
←	←	←---	←□□	←...//...	←□□	أكثر من ٧

شكل (٢٢١)

ويمكن أن توضح الأسهم حركة الرياح الفصلية عن طريق الخطوط الإنسيابية Streamlines التي تأخذ شكل أسهم طويلة تنحني تبعاً لتغير اتجاه الرياح . وترسم الخطوط الإنسيابية وفقاً لحاصلات اتجاه الرياح على ارتفاع معين . ورغم أنه يمكن رسم خطوط السحاب للرياح السطحية إلا أنها ترسم عادة لحركة الرياح على ارتفاع ٥٠٠ متر

تقريباً ، وذلك لأن الرياح السطحية تتأثر كثيراً بتعدد التضاريس الأرضية . ويوضح الشكل ( ٢٢٢ ) خطوط انسياب الرياح في إفريقيا في شهر يناير .



شكل ( ٢٢٢ )  
خطوط السياب الرياح في إفريقيا في شهر يناير

فضلاً من هذه الأشكال الثلاثة التي نتخذها الأسس في الخرائط المناخية فإنها تستخدم أيضاً في توضيح العلاقة بين مسارات الرياح في العروض المختلفة وبين ظروف الطقس على سطح الأرض، كما تستخدم في توضيح الطرق التي تسلكها الانخفاضات الجوية ١٠٠٠ الخ .

## (عاشرآ) خطوط تشتت المطر

أصبح استخدام خطوط تشتت المطر Rainfall dispersion diagrams وسيلة هامة لتحليل توزيع الأمطار في منطقة معينة من العالم . ولا تقوم هذه الطريقة على أساس استخدام الأرقام المطلقة، بل باستخدام أحد المتوسطات الإحصائية Statistical averages

والمتوسط الإحصائي كما نعلم عبارة عن قيمة تمثل سلسلة من القيم أحسن تمثيل ، بحيث يمكن اتخاذها دليلاً مميزاً لهذه المجموعة من القيم فنعرف عن طريقها الاتجاه الذي تأخذه هذه القيم في مجموعها . والفرص من استعمال هذه المتوسطات هو الاستغناء عن استقراء مفردات المجموعة كلها والتي قد تمتد على مدى ٣٥ سنة .

وأشهر تلك المتوسطات والتي استخدمناها في كل الطرق الكارتوجرافية السابق شرحها في هذا الفصل هي الوسط الحسابي Arithmetic mean وذلك لأن هذا المتوسط الإحصائي يتيح لنا فرصة التخلص من التغيرات التي تنقلب الظاهرة المناخية ، والحصول على قيمة متوسطة تمثل المجموعة الأصلية ، وهذا على فرض أن الوسط الحسابي للقيم المختلفة التي يأخذها متغير معين هو القيمة الحقيقية لهذا المتغير . وهذا فرض معقول في حد ذاته ويمكن تبريره رياضياً . وعلى هذا الأساس استخدمنا الوسط الحسابي في دراستنا للطرق الكارتوجرافية المختلفة المستخدمة في تمثيل الإحصاءات المناخية على أنه المتوسط الإحصائي المطلوب .

إلا أنه تحقيقاً لبعض الأغراض الدراسية يصبح أيضاً أن نعتبر أن المتوسط الذي يمثل المجموعة هو القيمة الوسطى فيها ، بحيث أنه إذا رتب مفرداتها تصاعدياً أو تنازلياً كانت هي في الوسط تماماً، وبذلك يكون عدد المفردات الأكبر من القيمة الوسطى يساوي تماماً عدد المفردات الأصغر منها . والمتوسط الإحصائي بهذا المعنى هو ما يطلق عليه الوسيط Median أي أنه القيمة التي تقسم المجموعة إلى شطرين متكافئين من حيث العدد .

وإذا كان الغرض من استخدام خطوط تشتت المطر هو الحصول على شكل يبين الحالة العامة للأمطار لمدة طويلة لا تقل عن ٣٥ سنة ، فإنه يجب أن نستخدم متوسطاً

إحصائياً تقل فيه الميوب بقدر الإمكان ، ومن هنا استخدمنا الوسيط ، لأن الأمطار ينتابها في بعض السنوات تطرف نحو الارتفاع أو تطرف نحو الهبوط عن المعدل العام لها .

وفي حساب الوسيط لا نهتم بمقادير القيم مثلما نهتم بترتيب هذه القيم . ويمكن الانتفاع بهذه الخاصية لتصحيح خطأ الوسط الحسابي عند تأثره بالقيم المتطرفة . فإذا افترضنا أن الأرقام التالية هي كميات الأمطار بالبوصة في محطة معينة في سبع سنوات مختلفة : ٧٥ - ٨٠ - ٨٥ - ٩٠ - ١٠٥ - ١١٠ - ٢٦٥ بوصة فسنجد أن الوسط الحسابي  $= \frac{81}{7} = 11.6$  بوصة .

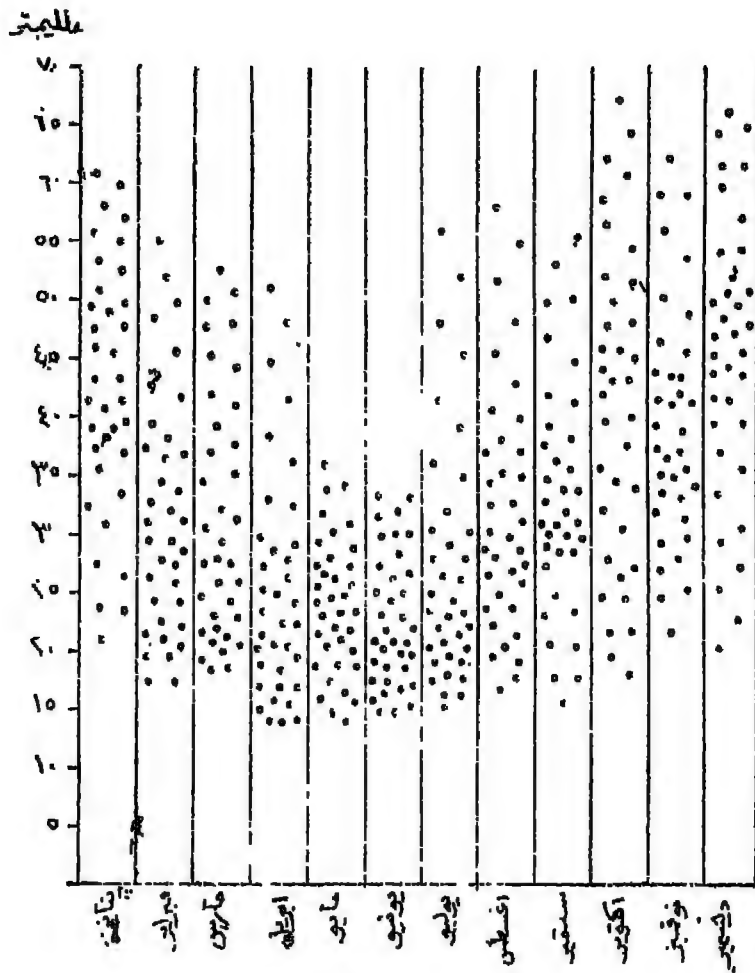
فلو أننا حذفنا أرصاد السنة الأخيرة لتغير الوسط الحسابي بشكل واضح ليصبح  $\frac{54.5}{6} = 9.1$  بوصة ، بينما سنجد أن الوسيط في الحالة الأولى هو ٩ بوصة وفي الحالة الثانية ٩.٢٥ بوصة .

#### طريقة إنشاء خطوط تشتت المطر:

١ - يمكن أن ترسم خطوط التشتت بالنسبة للكمية السنوية للأمطار في محطة معينة بتوقيع نقط مناسبة الحجم ، وتمثل كمية المطر السنوي في سنوات مختلفة ، وذلك أمام محور رأسي يتدرج من نقطة الصفر حتى أعلى كمية للأمطار توضحها الإحصائية . ثم نحدد على هذا المحور : الوسيط والربيع الأعلى upper quartile والربيع الأدنى lower quartile . ولكن هذا العمود المفرد لا يفي بأغراض الدراسة ، لأنه لا يوضح تشتت الأمطار على شهور السنة المختلفة .

٢ - الأفضل إذن أن نرسم خطوط تشتت المطر بالنسبة لكل شهور السنة . فترسم محوراً أفقياً يمثل شهور السنة ، ومحوراً رأسياً يتناسب طوله مع أكبر كمية للأمطار خلال سنة على الأقل .

٣ - نستخدم نقطة مناسبة الحجم لكل شهر من شهور كل سنة . أي أنه لو

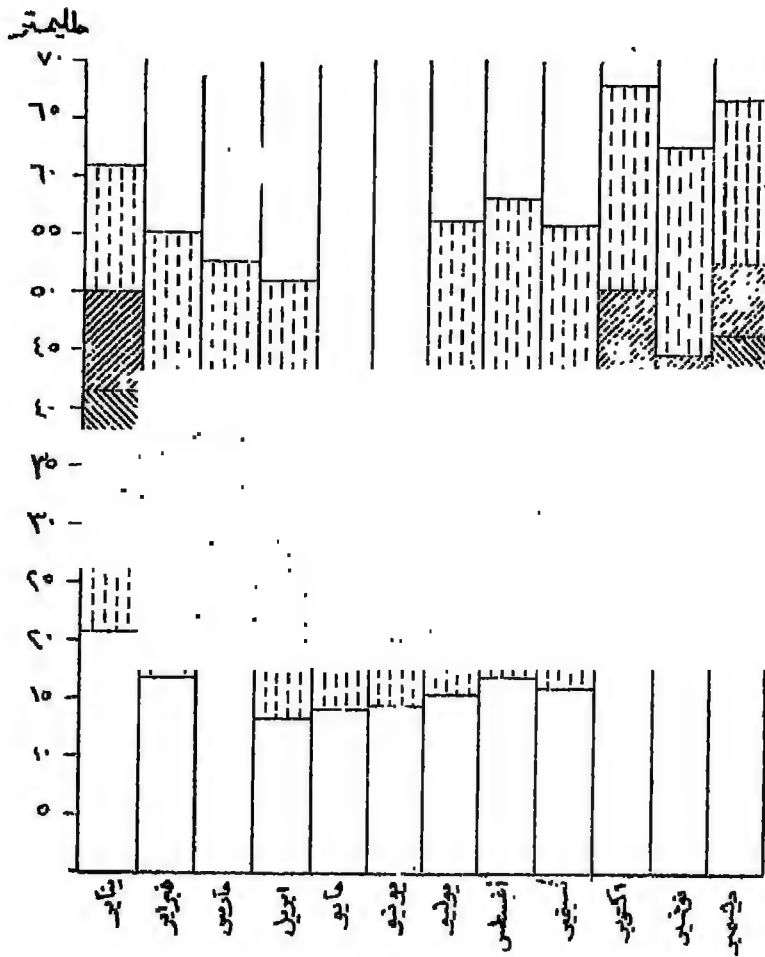


(شكل ٢٢٢)

كانت لدينا أرصاد ٣٦ سنة مثلاً ، فنستخدم ٤٣٢ نقطة نقوم بتوزيعها داخل الأعمدة التي تمثل شهور السنة ، بحيث يشتمل كل عمود منها على ٣٦ نقطة ( الشكل ٢٢٣ ) .

٤ - زيادة التوضيح ، نقوم بتحديد الوسيط والربيع الأعلى والربيع الأدنى على كل عمود من الإثني عشر عموداً بخطوط أفقية ، ثم نظل المنطقة المحصورة بين الربيعين ( وهي المنطقة المهيمنة بخطوط مائلة ) لأنها المنطقة التي نضم نصف الكمية التي تمثلها العمود كله ، بحيث أن ربع كمية الأمطار يقع أدنى من الربيع الأدنى ، وربعها يقع أعلى من الربيع الأعلى ( الشكل ٢٢٤ ) .





( شكل ٢٢٤ )

### ( حادى عشر ) منحنيات المناخ

تستخدم منحنيات المناخ Climographs فى تمثيل العلاقة بين ظاهرتين مناخيتين ، كأن تمثل علاقة الحرارة بالرطوبة فى شهور السنة المختلفة فى مدينة معينة ، أو أن تبين العلاقة بين الحرارة والأمطار ٠٠٠ الخ . وتفيد دراسة منحنيات المناخ فى معرفة مدى تأثير الظروف المناخية على النشاط البشرى . فقد يمكن للإنسان أن يتحمل درجات الحرارة العالية إذا كان الجو جافاً ، أما إذا كان الجو فى هذه الحالة رطباً أيضاً ، فإن الإنسان يستهدف لكثير من المضايقات .

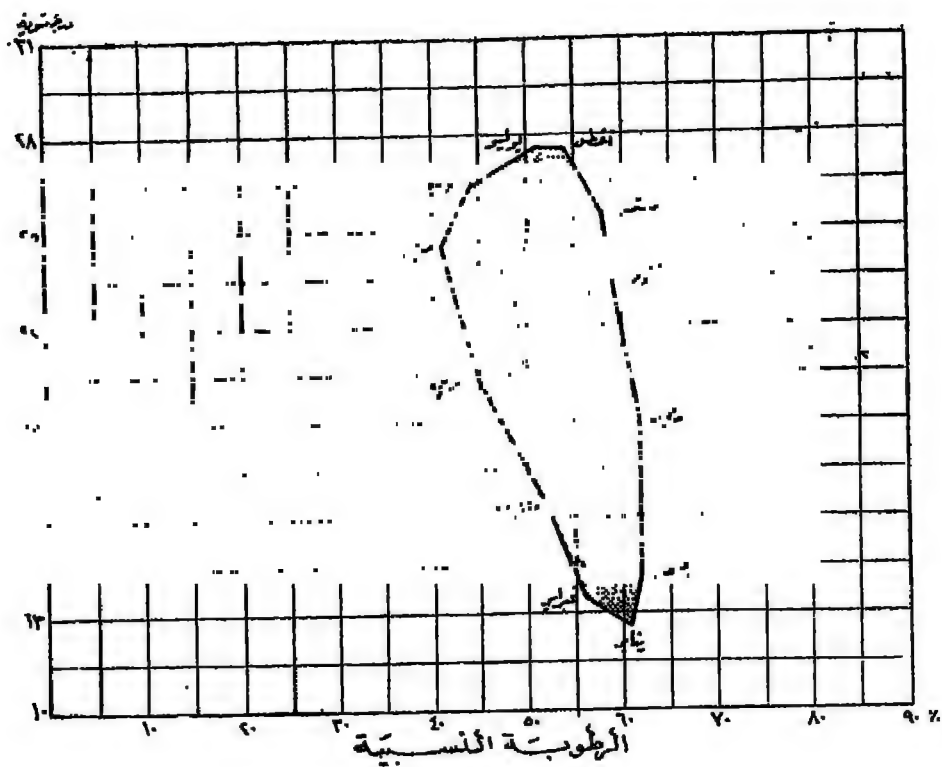
وترسم منحنيات المناخ على محورين متعامدين يمثل كل منها عنصراً مناخياً معيناً .  
فالجداول التالية يبين درجات الحرارة والرطوبة النسبية في حلوان على مدار السنة :

الشهر	درجة الحرارة ( مثوياً )	الرطوبة النسبية %	الشهر	درجة الحرارة ( مثوياً )	الرطوبة النسبية %
يناير	١٢ر٣	٦١	يوليو	٢٧ر٥	٥١
فبراير	١٣ر٥	٥٦	أغسطس	٢٧ر٤	٥٤
مارس	١٦ر٤	٥٢	سبتمبر	٢٥ر٤	٥٨
أبريل	٢٠ر٤	٤٥	أكتوبر	٢٣ر٣	٥٩
مايو	٢٤ر٣	٤١	نوفمبر	١٩ر٠	٦٢
يونيو	٢٦ر٦	٤٤	ديسمبر	١٤ر١	٦٢

ولرسم منحني المناخ بالنسبة لحلوان ، نوقع درجات الحرارة على المحور الرأسى ، والرطوبة النسبية على المحور الأفقى ، ثم يؤخذ الشهر الأول — يناير — الذى يبلغ فيه متوسط درجة الحرارة ١٢ر٣° م والرطوبة ٦١٪ ، ونعين الرقم الأول على المحور الرأسى والرقم الثانى على المحور الأفقى ، ورسم خطين موازيين للمحورين فينتلاقيان فى نقطة تمثل العنصرين معاً ويكتب كلمة يناير .

ونواصل العمل بنفس الطريقة بالنسبة لبقية شهور السنة ونكتب أمام كل نقطة الشهر الذى تمثله ، ثم نوصل بين هذه النقاط بنفس ترتيب تسلسلها الزمنى ، أى نوصل النقطة التى تمثل شهر يناير بتلك التى تمثل شهر فبراير فمارس ... الخ . ومن ثم يتكون لدينا منحني المناخ لحلوان كما يمثله الشكل ( ٢٢٥ ) .

ويمكن الاستفادة من معرفة موقع المنحني المناخى بالنسبة لمحورى الرسم فى تحديد حالة المناخ فن الشكل ( ٢٢٦ ) نلاحظ أن منحني المناخ إذا اقترب من الركن الشمالى الغربى للشكل فإن الجو يصبح حاراً جافاً Scorching ( ارتفاع فى الحرارة وانخفاض فى الرطوبة النسبية ) ، أما إذا اقترب المنحني من الركن الشمالى الشرقى للشكل فإن الجو يصبح حاراً



( شكل ٢٢٥ )

مميزات المختبرات	حار جاف	حار رطب
	بارد جاف	بارد رطب

الرطوبة النسبية

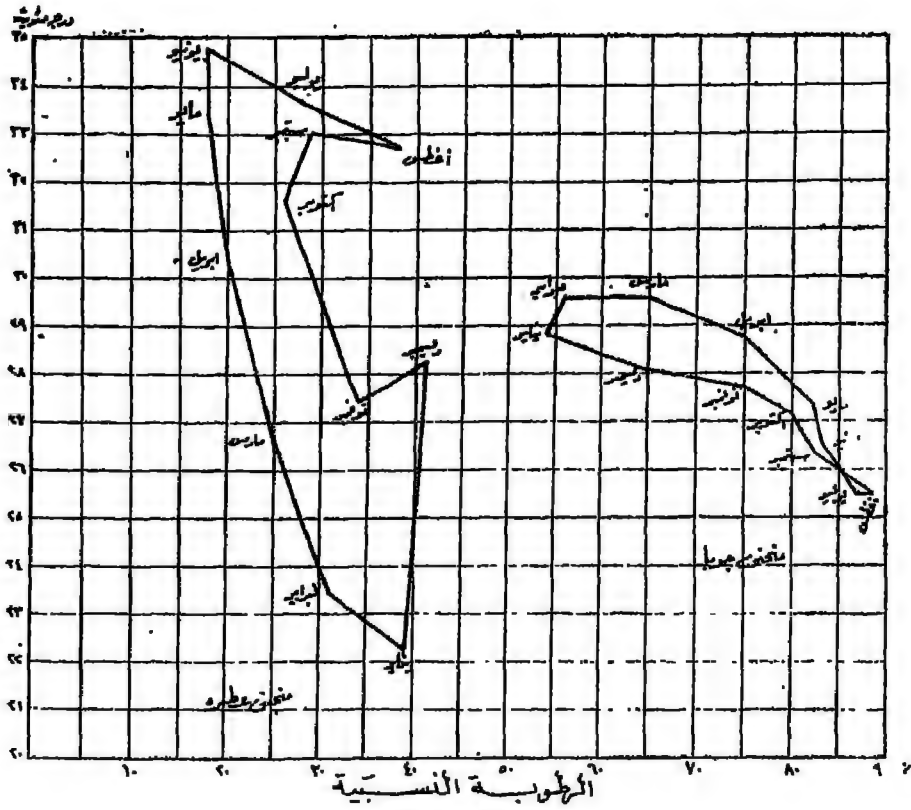
( شكل ٢٢٦ )

رطباً Muggy (ارتفاع في كل من الحرارة والرطوبة النسبية) ، وإذا اقترب المنحنى من الركن الجنوبي الغربي للشكل فإن الجو يصبح بارداً جافاً Keen (انخفاض في كل من الحرارة والرطوبة) ، أما إذا اقترب منحنى المناخ من الركن الجنوبي الشرقي للشكل فإن الجو يصبح بارداً رطباً Raw (انخفاض في الحرارة وارتفاع في الرطوبة النسبية) .

وتتضح خاصية منحنى المناخ هذه من تحليل الشكل (٢٢٧) الذي يمثل الجدول التالي، وهو يبين درجة الحرارة والرطوبة النسبية في مدينتي عطبرة وجوبا بالسودان في شهور السنة المختلفة : —

الشهر	عطبرة		جوبا	
	درجة الحرارة ( مئوية )	الرطوبة النسبية %	درجة الحرارة ( مئوية )	الرطوبة النسبية %
يناير	٢٢,٢	٣٩	٢٨,٨	٥٤
فبراير	٢٣,٤	٣١	٢٩,٦	٥٦
مارس	٢٦,٦	٢٥	٢٩,٥	٦٥
أبريل	٣٠,٤	٢٠	٢٨,٨	٧٥
مايو	٣٣,٤	١٨	٢٧,٤	٨٢
يونيو	٣٤,٨	١٨	٢٦,٥	٨٣
يوليو	٣٣,٦	٢٨	٢٥,٥	٨٧
أغسطس	٣٢,٧	٣٨	٢٥,٦	٨٨
سبتمبر	٣٣,٠	٢٩	٢٦,٤	٨٣
أكتوبر	٣١,٦	٢٦	٢٧,٢	٨٠
نوفمبر	٢٧,٤	٣٤	٢٧,٧	٧٥
ديسمبر	٢٨,٢	٤١	٢٨,١	٦٤

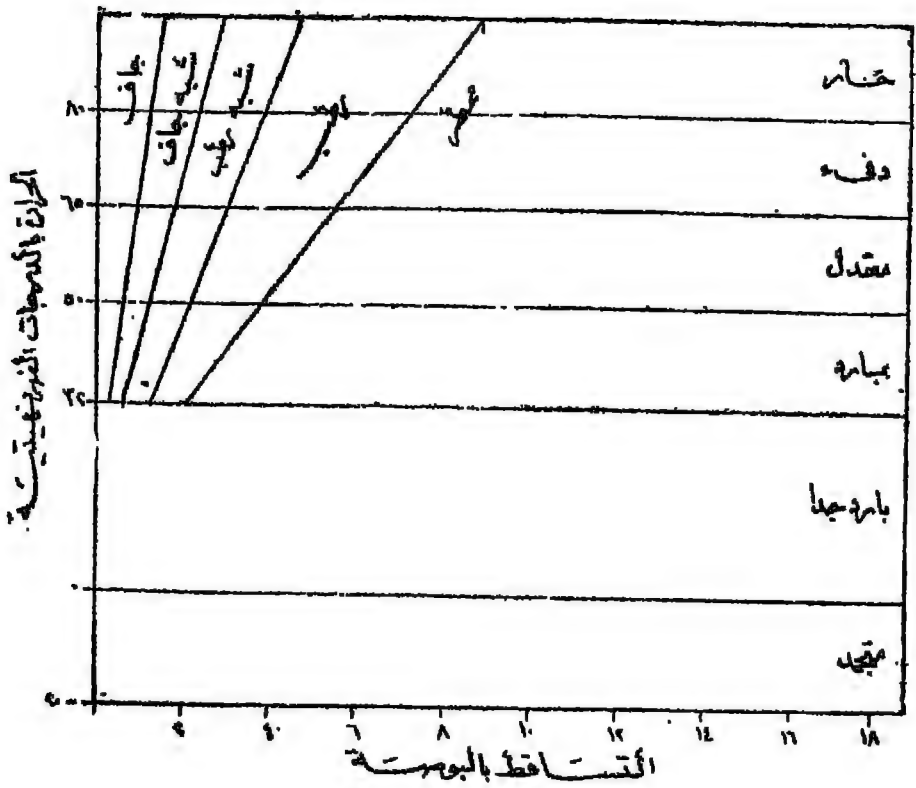
فالشكل (٢٢٧) يبين لنا كيف أن المدى الحرارى في مدينة عطبرة أكبر منه في جوبا ، حيث نجد أن منحنى المناخ يتخذ شكلاً طويلاً في عطبرة بعكس شكله العريض في جوبا . كما أن منحنى عطبرة يقع أقرب إلى المحور الرأسى من منحنى جوبا دلالة على أن المدينة الأولى تتميز بمناخ جاف بينما يعلب على الثانية المناخ الرطب .



( شكل ٢٢٧ )

وإذا كان تمثيل العلاقة بين الحرارة والرطوبة النسبية بواسطة منحنيات المناخ أمراً شائعاً ، فإن بعض الباحثين يستخدمون نفس الطريقة السكارتوجرافية ولكن في الربط بين الحرارة والأمطار . ويوضح الشكل ( ٢٢٨ ) نموذجاً لهذه الطريقة . فقد قسم سطح الشكل إلى مساحات تبين طبيعة المناخ في كل جزء منه وفقاً لتصنيفات ثورنثوايت Thornthwaite . وعلى ذلك فإننا بعد رسم منحنى المناخ على المحورين الرأسى الذى يبين درجات الحرارة ، والأفقى الذى يوضح كمية الأمطار ، يمكننا أن نعرف نوع المناخ السائد من موقع المنحنى بالنسبة لكل قسم من الأقسام التى ينقسم إليها الشكل .

فقد تم تقسيم الشكل إلى ستة أقاليم حرارية ( الدرجات فهرنهايتية ) وهى : - متجمد ( ٢٠° - صفر ) ، بارد جداً ( صفر - ٣٢° ) ، بارد ( ٣٢° - ٥٠° ) ، معتدل ( ٥٠° - ٦٠° ) ، دافئ ( ٦٠° - ٧٠° ) ، حار ( ٧٠° - ٨٠° ) .



(شكل ٢٢٨)

(٥٠ - ٩٥)° ، دافئ (٩٥ - ٨٠)° و حار (أكثر من ٨٠°) كما تم تقسيم الأقسام الأربعة الأخيرة منها تبعاً لمعدلات المطر ودرجات الحرارة إلى الأنواع المناخية الآتية : -  
جاف ، شبه جاف ، شبه رطب ، رطب ، ممطر .

رقم الإيداع بدار الكتب ١١١٥٢ / ١٩٩٥

ترقيم دولي ISBN: 977 - 05 - 1430 - 6

**مكتب النسر للطباعة**

٣٢ ميدان بن الحكم - حمية الزيتون

ت. ٢٤٢٠٩٧١

# عَلِّمُوا النَّاسَ بِمَا كُنْتُمْ تُعَلِّمُونَ

تأليف

دكتور محمد صبحي عبد الحكيم      ماهر عبد الحميد الليثي

١٩٩٦

ملقمة الطبع والنشر

مكتبة الأنجلو المصرية

١٦٥ ش محمد بك فريد (عماد الدين سابقا)



# علم الخرائط

# بسم الله الرحمن الرحيم

## مقدمة

لم تعد دراسة الخرائط فرعاً من فروع علم الجغرافية ، ولكنها أصبحت علماً له كيانه المستقل ، يعرف اليوم باسم « الكارتوجرافيا Cartography » يختلف في طبيعته ومنهجه عن علم الجغرافية . كما أن الكارتوجرافى يحتاج إلى إعداد خاص يختلف عما يحتاج إليه الجغرافى ، إذ ينبغي أن يجمع بين قدرات الجغرافى والرياضى والفنان . ومعنى هذا أن الكارتوجرافى يحسن أن يكون جغرافياً ذا عقلية رياضية وموهبة فنية ، ذلك أن كثيراً ما يحتاج إلى عمليات رياضية وإحصائية فى أعماله ودراساته ، كما أن اللغات الفنية هى التى تعطى للخريطة شكلها النهائى ؛ فالخرائط - على حد قول الكارتوجرافى الألمانى العظيم « Max Ebert » مزيج بين العلم والفن .

ولا يضم علم الجغرافية بين دفتيه جميع العمليات والدراسات الخاصة بالخرائط ، فالرحلة الأولى من إنشاء الخريطة تقع على كاهل مهندس المساحة الذى يرفع معالم سطح الأرض من الطبيعة على لوحة من الورق ، كما أن إنشاء مساقط الخرائط وحساباتها لا تدخل فى صميم اختصاص الجغرافى .

هذا من جهة ، ومن جهة ثانية لا يقتصر استخدام الخريطة فى النهاية على الجغرافى ، فالخريطة - فى الواقع - وسيلة عالمية للتعبير والتفاهم تتحدى الحواجز اللغوية ويستخدمها كثير من ذوى الاختصاص ، فالجيولوجى والتيورولوجى ، وعالم التربة وعالم النبات ، والأركيولوجى والمؤرخ ، وعلماء الاقتصاد والاجتماع والسياسة ، والمهندسون والزراعيون والعسكريون كلهم يستخدمون الخريطة ولا غنى لهم عنها فى أعمالهم ودراساتهم وأبحاثهم .

غير أن الجغرافى هو أكثر المتخصصين استخداماً للخريطة ، فهى عدنه ، فيها يسجل المعالم الطبيعية المختلفة ، وعليها يوزع الظواهر البشرية والاقتصادية . ولذلك ينبغي أن

## (ب)

يُدرَّب الجغرافى تدريباً كافياً على استخدام الخرائط كوسيلة للتعبير الجغرافى فالخرائط بالنسبة للجغرافى أشبه بالإحصاء بالنسبة لدارس الاقتصاد .

وقد تزايدت أهمية دراسة الخرائط فى مختلف بلاد العالم ولا سيما منذ الحرب العالمية الثانية ، وتقدمت طرق إنشائها وفنون إخراجها بحيث أصبحت جديرة بأن تنرد لها معاهد أو أقسام فى بعض الجامعات الأوروبية والأمريكية ، تخرج متخصصين فى هذا العلم الجديد وهكذا فعلت بعض الجامعات العربية ؛ فقد أنشئت - منذ ست سنوات - شعبة للخرائط بقسم الجغرافية فى جامعة القاهرة والإسكندرية ، تقوم على إعداد متخصصين يسدون الفراغ الكبير الذى نشعر به فى مجتمعنا الجديد ؛ ذلك الفراغ الذى لا يستطيع أن يسده المهندس أو الجغرافى أو رسام الخرائط « Draughtsman » .

والواقع أن حاجتنا إلى الكارتوجرافيين ستزيد بتزايد عنايتنا بالتخطيط الإقليمى « Regional Planning » الذى أدركنا أخيراً حاجتنا الماسة إليه كمكمل للتخطيط القومى ، ذلك أنه إذا كانت الإحصائية هى عدة المخطط على المستوى القومى فإن الخريطة هى عدة المخطط على المستوى الإقليمى . ولذلك يمكن القول بأن الإحصائية والخريطة هما عدتا المخطط بوجه عام .

والكتاب الذى تقدمه هو كتاب شامل فى علم الخرائط ، يعتبر المحاولة الأولى من نوعها باللغة العربية . وإذا كنا قد قصدنا به إعداد الجغرافى بصفة خاصة إعداداً كارتوجرافياً ، إلا أنه يصلح أيضاً لإعداد المتخصصين الآخرين إعداداً يمكنهم من استخدام الخرائط والإفادة منها فى دراساتهم المختلفة .

وقد قام بتأليف هذا الكتاب إثنان ، أحدهما جغرافى اتخذ من الخرائط فى أول الأمر هواية ، ولكنه لم يلبث أن آمن أشد الإيمان بأهميتها البالغة فى الدراسات والأبحاث الجغرافية ، وبضرورة تدريب الجغرافى عليها تدريباً كافياً . وقام بتدريس الخرائط طوال خمسة عشر عاماً بجامعة القاهرة ، كما إنتدب لتدريسها ثمانى سنوات بجامعة عين شمس ، وأسهم فى إنشاء شعبة الخرائط بقسم الجغرافية بجامعة القاهرة . أما الثانى فهو كارتوجرافى بمعنى السكامة يمثل الفوج الأول من خريجي شعبة الخرائط بجامعة القاهرة ، ويقوم بتدريس الخرائط فى جامعة القاهرة منذ تخرجه ، ويواصل دراساته العليا المتخصصة فى الخرائط .

وقد قسم المؤلفان الكتاب إلى ثمانية فصول ، يتناول الفصل الأول تاريخ الخرائط في العالم منذ أقدم المصور . وقد عنيينا في هذا الفصل بدراسة الخرائط العربية في المصور الوسطى ، وهو موضوع تهمله معظم الكتابات الأوربية عن تاريخ الخرائط .

ويتناول الفصل الثاني مقاييس الرسم وما يتصل بها من عمليات مختلفة ، مثل قياس الأبعاد وقياس المساحات من واقع الخريطة ، وتكبير الخرائط وتصغيرها .

أما الفصل الثالث فقد خصص لمبادئ المساحة . وقصدنا بهذا الفصل أن يلم الكارتوجرافى إلاماً كافياً بالأدوات والعمليات المساحية المختلفة ، يلقي له ضوءاً على أصل الخريطة التي يستخدمها ويتداولها ، وطرق رفعها ، حتى يتبين درجة الدقة التي رسمت بها من الطبيعة .

أما الفصول الثلاثة التالية فتتناول على الترتيب خرائط التضاريس وخرائط المناخ وخرائط التوزيعات . ووضح أن تقسيمنا للخرائط في هذا الكتاب تقسيم موضوعي « Topical » وإن كانت خرائط التوزيعات قد درست على أساس تصنيفها فنياً بصرف النظر عن الظواهر البشرية أو الاقتصادية التي تتوزع عليها .

وقد توسعنا في الفصل الرابع الخاص بخرائط التضاريس ليضم القطاعات التضاريسية ورسم البانوراما والمجسمات . أما الفصل الخامس الخاص بخرائط المناخ فقد نحاشينا فيه دراسة خرائط الطقس على اعتبار أنها لا تهتم الجغرافى كثيراً في دراسته ، فضلاً عن أنها تختلف في طبيعتها وطرق إنشائها عن خرائط المناخ .

أما خرائط التوزيعات فقد قسمناها إلى خرائط غير كمية وخرائط كمية تعتمد في إنشائها على الإحصاءات . وقسمنا كلا من المجموعتين إلى أنواع تبعاً للطريقة الفنية التي رسم بها الخريطة . وتضم الخرائط الكمية - على هذا الأساس - خرائط التوزيع بالرموز العددية الموحدة ( النقطة ) ، وخرائط التوزيع بالرموز النسبية ، وخرائط التوزيع النسبي « Choropleths » ، وخرائط خطوط التساوى « Isopleths » وخرائط الحركة « Dynamic Maps » أو خرائط الخطوط الإنسيابية « Flow-line Maps » ، والخرائط البيانية . وكثيراً ما نمجز الخريطة من توضيح ظاهرة جغرافية معينة فنضطر إلى الاستماضة عن الخريطة بالرسم النيابي . ولذلك رأينا من المستحسن أن نخصص الفصل السابع للرسم

( ٤ )

البيانية المختلفة ، سواء أكانت رسوماً بيانية مناخية ( فيما عدا وردة الرياح ونجمة الرياح ومنحنيات المناخ ) ، أم رسوماً بيانية اقتصادية ، أم رسوماً بيانية سكانية .

أما الفصل الثامن والأخير فقد أفردناه لدراسة مساقط الخرائط ، وهي التي يسميها بعض الكتاب بالكارتوجرافيا الرياضية . وقد تماشينا في هذا الفصل الدخول في التفاصيل الرياضية الخاصة بإنشاء المساقط ، مكتفين بدراسة الطرق البيانية لإنشائها .

وقد زدنا الكتاب في النهاية بثلاثة ملاحق شمرنا بأهميتها لدارس الخرائط ، تضمن أولها تعريفاً بالأدوات المختلفة لرسم الخرائط ، وتضمن الثانى بعض الجداول الرياضية اللازمة للكارتوجرافى فى إنشاء أنواع معينة من الخرائط ، أما الثالث فهو ثبت بالمصطلحات الخاصة بالخرائط بالإنجليزية والعربية .

وإننا إذ نقدم هذا الجهد إلى قراء العربية بمامة والمتخصصين فى الجغرافية والخرائط بمخاصة نأمل أن نكون قد قمنا بواجبنا كاملاً نحو تزويد المكتبة العربية بمخلاصة دراساتنا العلمية وتجاربنا التعليمية وخبرتنا العملية فى ميدان الخرائط .

والله ولى التوفيق

د . محمد صبحى عبد الحكيم

ماهر عبد الحميد الليثى

## الفهرس

### الفصل الأول

#### تاريخ الخرائط في العالم

١	الخرائط الباباية
٢	الخرائط المصرية القديمة
٤	الخرائط الصينية
٦	الخرائط القديمة في أمريكا
٦	الخرائط الإغريقية
١٤	الخرائط الرومانية
١٦	الخرائط الأوربية في العصور الوسطى
١٨	الخرائط العربية في العصور الوسطى
٢٥	الخرائط البحرية في العصور الوسطى
٢٨	تطور الخرائط في عصر النهضة
٣١	كرة مارتن بهاييم
٣٢	المدرسة الإيطالية في عصر النهضة
٣٣	المدرسة الهولندية في عصر النهضة
٣٦	المدرسة الفرنسية في عصر النهضة
٣٨	المدرسة الإنجليزية في عصر النهضة
٣٩	الخرائط الأوربية في القرن الثامن عشر
٤١	المدرسة الأمريكية في الخرائط
٤٥	الخرائط في العصر الحديث

(د)

## الفصل الثاني

### مقاييس الرسم

المقياس المباشر	٥٢
مقياس الكسر البياني	٥٣
المقياس الخطي	٥٤
المقياس المقارن	٥٧
المقياس الزمني	٥٩
المقياس الشبكي	٦٠
قياس الأبعاد على الخريطة	٦٧
قياس المساحات من الخرائط	٧١
تكبير الخرائط وتصغيرها	٩٦

## الفصل الثالث

### مبادئ المساحة

علم المساحة وأقسامه	١٠٨
المساحة بالجنزير	١١٠
طرق قياس الزوايا	١١٨
المساحة بالبوصلة المنشورية	١٢٥
المساحة بالبلان شبطة	١٤١

المساحة بالثلثات الشبكية	١٤٩
الميزانية	١٥٦

## الفصل الرابع

### خرائط التضاريس

نقط المناسيب	١٦٦
المهاشور	١٦٦
خطوط الهيئة	١٧٢
خطوط الكنتور	١٧٣
أنواع خطوط الكنتور	١٨٤
الأشكال التضاريسية الرئيسية	١٩٦
القطاعات التضاريسية	٢٠٧
أنواع القطاعات التضاريسية	٢١٥
استخدام المنحنيات البيانية في تحليل الخرائط الكنتورية	٢٢٤
قياس الانحدارات	٢٣٦
رسم الخرائط الكنتورية بمعرفة درجة انحدار سطح الأرض	٢٤١
رسم الطرق بمعرفة درجة الانحدار	٢٤٧
تمثيل انحدار سطح الأرض على خرائط التضاريس	٢٥١
تحديد الرؤية من الخرائط الكنتورية	٢٥٨
تحديد الأرض غير المرئية على خرائط التضاريس	٢٦٣
رسم البانوراما	٢٦٧
المجسمات	٢٧٨



(ز)

## الفصل الخامس

### خرائط المناخ

٢٩٥	خريطة الطقس وخريطة المناخ
٢٩٦	خطوط الحرارة المتساوية
٢٩٩	خطوط الشذوذ الحرارى المتساوى
٣٠٠	خطوط الضغط المتساوى
٣٠٣	خطوط المطر المتساوى
٣٠٦	خطوط مدى تفاوت الأمطار
٣٠٨	خطوط الزمن المتساوى
٣٠٨	خطوط الأيزوميير
٣٠٩	وردة الرياح البسيطة
٣١٣	وردة الرياح المركبة
٣١٦	وردة الرياح الثمينة
٣١٩	نجمة الرياح
٣٢١	محصلة الرياح
٣٢٧	الأسهم
٣٣٠	خطوط تشتت المطر
٣٣٣	منحنيات المناخ